MICHIO KAKU

FIZICA IMPOSIBILULUI

MICHIO KAKU

FIZICA IMPOSIBILULUI

Prefață 11
Mulțumiri 27
Imposibilități de clasa I 33
1. Câmpurile de forță 33
Imposibilități de clasa I 53
2. Invizibilitatea 53
Imposibilități de clasa I 81
3. Fazerele și stelele morții 81
Imposibilități de clasa I 109
4. Teleportarea 109
Imposibilități de clasa I 135
5. Telepatia 135
Imposibilități de clasa I 163
6. Psihokinezia 163
Imposibilități de clasa I 185
7. Roboții 185
Imposibilități de clasa I 219
8. Extratereștrii și OZN-urile 219
Imposibilități de clasa I 259
9. Navele spațiale 259
Imposibilități de clasa I 297
10. Antimateria și antiuniversurile 297
Imposibilități de clasa a II-a 321
11. Mai rapid decât lumina 321

Imposibilități de clasa a II-a 351
12. Călătoria în timp..... 351
Imposibilități de clasa a II-a 371
13. Universurile paralele 371
Imposibilități de clasa a III-a 407
14. Dispozitivele perpetuum mobile 407
Cele trei legi și simetriile 422
Imposibilități de clasa a III-a 429
15. Precogniția..... 429
Epilog..... 447
Viitorul imposibilului 447
Critica teoriei stringurilor 466
Este teoria stringurilor netestabilă?..... 467
Bibliografie 477

PREFAȚĂ

Dacă la început o idee nu pare absurdă,
atunci n-are nicio șansă.

ALBERT EINSTEIN

Va fi oare posibil într-o zi să trecem prin ziduri? Să construim nave cosmice care să se deplaseze mai rapid decât lumina? Să citim gândurile altor oameni? Să devenim invizibili? Să mutăm obiectele din loc cu puterea minții noastre? Să ne transportăm trupurile instantaneu prin spațiul cosmic?

Încă din copilărie, am fost mereu fascinat de aceste întrebări. La fel ca mulți fizicieni, când m-am făcut mare, am fost captivat de posibilitatea călătoriei în timp, de armele cu radiații, de câmpurile de forțe, de universurile paralele și altele asemenea. Magia, fantasticul, science-fictionul erau toate un imens teren de joacă pentru imaginația mea. Ele mi-au inițiat aventura de o viață cu imposibilul.

Îmi amintesc că am urmărit reluările vechiului serial *Flash Gordon*. În fiecare sâmbătă, eram lipit de ecranul televizorului, minunându-mă de aventurile lui Flash, ale doctorului Zarkov, ale lui Dale Arden și ale uluitoarelor elemente de tehnologie futuristă: rachetele, scuturile de invizibilitate, armele cu radiații și orașele de pe cer. N-am pierdut niciun episod. Serialul deschidea pentru mine o întreagă lume nouă. Ideea că într-o bună zi aș putea ajunge cu racheta pe o planetă necunoscută și că aș putea să-i explorez relieful straniu îmi dădea fiori. Fiind atras pe orbita

acestor invenții fantastice, am știut că propriul destin era cumva învăluit de minunățiile unei științe pe care serialul TV le promitea.

Așa cum a reieșit, nu eram singurul. Mulți savanți de renume au devenit prima oară interesați de știință datorită cărților de science-fiction. Marele astronom Edwin Hubble a fost fascinat de opera lui Jules Verne. Ca urmare a lecturării cărților autorului francez, Hubble a renunțat la o promițătoare carieră în drept și, refuzând să se supună dorinței tatălui său, a ales o carieră în știință. În cele din urmă, a devenit cel mai mare astronom al secolului XX. Lui Carl Sagan, renumitul astronom și autor de bestselleruri, imaginația i-a fost însuflețită de lectura romanelor cu aventurile lui John Carter pe Marte, scrise de Edgar Rice Burroughs. Asemenea lui John Carter, el a visat la explorarea, într-o bună zi, a nisipurilor de pe planeta roșie.

Eram copil mic în ziua când Albert Einstein a murit, dar îmi amintesc faptul că oamenii vorbeau despre viața și despre moartea lui cu glas scăzut. A doua zi, am văzut în ziare o imagine a biroului său, pe care se putea observa manuscrisul lucrării sale celei mai importante, neterminate. Mi-am pus întrebarea: Ce putea fi atât de important, încât cel mai mare savant al vremurilor noastre să nu-l poată termina? Articolul susținea că Einstein avusese un vis imposibil, o problemă atât de dificilă, încât pentru un muritor nu era posibil s-o ducă la bun sfârșit. Mi-a luat câțiva ani ca să aflu ce conținea acel manuscris: o grandioasă și unificatoare „teorie a tuturor lucrurilor". Visul lui — care i-a acaparat ultimele trei decenii din viață — m-a ajutat să-mi focalizez propria imaginație. Voiam ca, într-o măsură cât de mică, să particip la efortul de definitivare a operei lui Einstein, care-și propusese să unifice legile fizicii într-o singură teorie.

Odată cu trecerea timpului, am început să-mi dau seama că, deși Flash Gordon era eroul principal și întotdeauna fetele erau atrase de el, de fapt, omul de știință era cel care făcea să funcționeze serialul TV. Fără dr. Zarkov, n-ar fi existat nici racheta, nici călătoriile spre Mongo, nici salvarea Pământului. Lăsând la o parte aspectele eroice, fără știință nu există science-fiction.

Am ajuns la înțelegerea faptului că aceste povești erau pur și simplu imposibile în termenii științei implicate, fiind doar niște zboruri libere ale imaginației. Maturizarea înseamnă să lași deoparte astfel de fantezii. În viața reală, mi s-a spus, trebuie să abandonezi imposibilul și să îmbrățișezi ceea ce este practic.

Totuși am conchis că, dacă aveam să mă las în continuare fascinat de imposibil, cheia era să apelez la domeniul fizicii. Fără o pregătire solidă în fizica avansată, riscam să fac mereu speculații despre tehnologiile futuriste fără să înțeleg dacă acestea sunt sau nu posibile. Mi-am dat seama că aveam nevoie să aprofundez matematica avansată și să învăț fizica teoretică. Prin urmare, chiar asta am făcut.

În liceu, pentru un proiect destinat unui concurs științific, am asamblat un dezintegrator atomic în garajul mamei. M-am dus la compania Westinghouse și am adunat aproape 200 de kilograme de deșeuri de oțel de transformator. În perioada Crăciunului, am înfășurat peste 30 de kilometri de sârmă de cupru pe terenul de fotbal al liceului. În cele din urmă, am construit un accelerator de particule de tip betatron de 2,3 milioane electronvolți, care consuma 6 kilowați de putere electrică (întreaga putere instalată a locuinței mele) și genera un câmp magnetic de 20 000 de ori mai mare decât câmpul magnetic terestru. Țelul era generarea unui fascicul de radiații gama îndeajuns de puternic încât să creeze antimaterie.

Proiectul meu științific m-a ajutat să ajung la Concursul Național de Știință și, în cele din urmă, mi-am văzut visul împlinit, câștigând o bursă la Harvard, unde puteam, în sfârșit, să-mi realizez scopul de a deveni un fizician teoretician și să calc pe urmele idolului meu, Albert Einstein.

Astăzi, primesc e-mailuri de la scriitori și autori de scenarii de science-fiction care mă roagă să-i ajut să-și facă poveștile și mai interesante prin explorarea limitelor cunoscute ale legilor fizicii.

„IMPOSIBILUL" ESTE RELATIV

Ca fizician, am învățat că „imposibil" este adesea un termen relativ. Îmi amintesc de profesoara de la școală apropiindu-se de harta Pământului de pe perete și arătând spre coastele Americii de Sud și ale Africii. Nu e o coincidență stranie, a spus ea, că acele două coaste se potrivesc, aproape ca la un joc de puzzle? Unii oameni de știință, a continuat ea, susțin că, probabil, cândva, acestea făceau parte dintr-un singur continent vast. Dar asta e o prostie. Nicio forță n-ar putea să separe două continente gigantice. O asemenea gândire e imposibilă, era concluzia ei.

Ulterior, în același an, am studiat dinozaurii. Nu e ciudat, ne-a spus profesoara, că dinozaurii au dominat Pământul vreme de milioane de ani și că, într-o zi, au dispărut cu toții? Nimeni nu știe de ce au pierit în totalitate. Unii paleontologi cred că un meteorit venit din spațiu le-a provocat dispariția, dar asta e imposibil, ținând mai degrabă de domeniul SF-ului.

Astăzi știm că prin intermediul plăcilor tectonice continentele se deplasează și că în urmă cu 65 de milioane de

ani un meteorit uriaș, având un diametru de zece kilometri, a distrus, cel mai probabil, dinozaurii și o mare parte din viața de pe Terra. Pe parcursul nu foarte lung al vieții mele, am văzut de nenumărate ori cum lucruri ce păreau imposibile au devenit adevăruri științifice. Prin urmare, este imposibil să ne gândim că am putea, cândva, să fim în stare să ne teleportăm dintr-un loc în altul sau să construim o navă spațială care să ne poarte spre stele aflate la ani-lumină depărtare?

În mod normal, astfel de realizări ar fi considerate imposibile de către fizicienii din zilele noastre. Ar putea ele să devină posibile în următoarele câteva secole? Sau în zece mii de ani, când tehnologia noastră va fi mai avansată? Sau într-un milion de ani? Cu alte cuvinte, dacă am întâlni pe neașteptate o civilizație cu un milion de ani mai avansată decât a noastră, oare tehnologia lor de zi cu zi ni s-ar părea „magie"? Aceasta este, în esență, una dintre întrebările centrale ale cărții: doar pentru că un lucru este „imposibil" astăzi, va rămâne imposibil și peste câteva secole sau milioane de ani?

Ținând cont de remarcabilele progrese științifice din ultimul secol, mai ales prin crearea teoriei cuantice și a relativității generalizate, acum este posibil să facem estimări aproximative asupra momentului când (dacă va fi vreodată) unele dintre aceste tehnologii fantastice ar putea fi realizate. Odată cu apariția unor teorii și mai avansate, cum ar fi teoria stringurilor, chiar și concepte aflate la granița cu science-fictionul, ca de exemplu călătoria în timp și universurile paralele, sunt în prezent reevaluate de către fizicieni. Gândiți-vă că, în urmă cu 150 de ani, unele progrese tehnologice erau declarate „imposibile" de către savanții epocii, iar acum fac parte din viața noastră de zi cu zi. În 1863, Jules Verne a scris un roman intitulat *Parisul în secolul*

XX, care a fost încuiat într-un sertar și uitat timp de peste un secol, până când a fost descoperit întâmplător de către stră-strănepotul lui și publicat pentru prima oară în 1994. În el, Verne prezicea cum ar putea să arate Parisul în anul 1960. Romanul lui era plin de elemente de tehnologie care fără doar și poate erau considerate imposibile în secolul al XIX-lea, printre care faxuri, o rețea mondială de comunicații, zgârie-nori din sticlă, automobile propulsate cu gaz și trenuri de mare viteză.

Deloc surprinzător, Verne putea să facă astfel de predicții uluitor de exacte pentru că era adâncit în lumea științei, culegându-și informațiile de la savanți din jurul lui. O profundă apreciere a fundamentelor științei i-a îngăduit să facă astfel de predicții surprinzătoare.

Din păcate, unii dintre cei mai mari oameni de știință ai secolului al XIX-lea au adoptat o poziție contrară și au declarat că un mare număr de tehnologii sunt absolut imposibile. Lordul Kelvin, probabil cel mai proeminent fizician din epoca victoriană (este înmormântat lângă Isaac Newton la Westminster Abbey), a declarat că dispozitivele „mai grele decât aerul", cum ar fi avionul, sunt imposibile. El mai credea că razele X sunt o escrocherie și că radioul nu are niciun viitor. Lordul Rutherford, care a descoperit nucleul atomului, a respins posibilitatea construirii bombei atomice, comparând-o cu „fantezie năstrușnică". Chimiștii din secolul al XIX-lea au declarat căutarea pietrei filosofale, legendara substanță cu ajutorul căreia plumbul poate fi transformat în aur, ca fiind un drum științific înfundat. Chimia secolului al XIX-lea se baza pe imutabilitatea fundamentală a elementelor, precum plumbul. Și totuși astăzi, cu ajutorul dezintegratoarelor atomice, putem, în principiu, să transformăm atomii de plumb în aur. Gândiți-vă la cât de

fantastice ar fi părut televiziunea, computerele și internetul la începutul secolului XX.

Mai recent, găurile negre erau considerate cândva ca ținând de science-fiction. Einstein însuși a scris în 1939 un articol care „demonstra" că găurile negre nu se pot forma niciodată. Și totuși astăzi, telescopul spațial Hubble și telescopul Chandra cu raze X au scos la iveală mici găuri negre în spațiu.

Motivul pentru care aceste tehnologii erau considerate „imposibile" este faptul că legile fundamentale ale fizicii și ale științei nu erau cunoscute în secolul al XIX-lea și în prima parte a secolului XX. Date fiind uriașele goluri din înțelegerea științei din acea epocă, mai ales la nivel atomic, nu e de mirare că astfel de progrese erau considerate imposibile.

STUDIEREA IMPOSIBILULUI

În mod paradoxal, studierea serioasă a imposibilului a deschis de multe ori domenii substanțiale și cu totul neașteptate ale științei. De exemplu, de-a lungul secolelor, căutarea plină de frustrări și inutilă a unui „perpetuum mobile" i-a făcut pe fizicieni să conchidă că o astfel de mașină este imposibilă, obligându-i să postuleze conservarea energiei și cele trei legi ale termodinamicii. Astfel, o căutare futilă a mașinăriilor cu mișcare perpetuă a deschis un întreg nou domeniu al termodinamicii, care a contribuit la așezarea fundației pentru motorul cu aburi, pentru epoca mașinilor și pentru societatea industrială modernă.

La sfârșitul secolului al XIX-lea, oamenii de știință au decis că este „imposibil" ca Pământul să aibă o

vârstă de câteva miliarde de ani. Lordul Kelvin a declarat categoric că planeta topită s-ar răci în 20 până la 40 de milioane de ani, contrazicându-i pe geologi și pe biologii darwiniști care susțineau că Pământul ar putea avea o vârstă de câteva miliarde de ani. Imposibilul a fost până la urmă demonstrat a fi posibil odată cu descoperirea forței nucleare de către Marie Curie și alții, care au demonstrat că nucleul Pământului, încălzit prin dezintegrare radioactivă, poate fi menținut în stare topită vreme de miliarde de ani.

Ignorăm imposibilul uneori în pofida noastră. În anii 1920 și 1930, Robert Goddard, fondatorul științei moderne a construirii rachetelor, a fost supus unor critici înverșunate de către cei care considerau că rachetele nu vor putea să se deplaseze niciodată în spațiul cosmic. Ei numeau în mod sarcastic strădaniile sale „Nebunia lui Goddard". În 1921, redactorii de la *New York Times* ironizau opera doctorului Goddard: „Profesorul Goddard nu cunoaște relația dintre acțiune și reacțiune și nevoia de a avea ceva mai bun decât vidul care să genereze reacțiunea. Se pare că-i lipsesc cunoștințele fundamentale care se învață în liceu". Rachetele sunt imposibile, au decretat redactorii, pentru că în spațiul cosmic nu există aer care să susțină propulsia. Din păcate, un șef de stat a înțeles implicațiile rachetelor „imposibile" ale lui Goddard — Adolf Hitler. În timpul celui de-al Doilea Război Mondial, bombardamentul efectuat de către germani cu imposibil de avansatele rachete V-2 au împrăștiat moartea și distrugerea asupra Londrei, nelipsind mult să o îngenuncheze.

Studierea imposibilului se poate să fi schimbat, de asemenea, cursul istoriei mondiale. În anii 1930, mai toată lumea, inclusiv Einstein, credea că o bombă atomică este „imposibilă". Fizicienii știau că în interiorul nucleelor

atomice este încătușată o uriașă cantitate de energie, în conformitate cu ecuația lui Einstein, $E=mc^2$, dar energia eliberată de un singur nucleu era prea mică pentru a fi luată în considerare. Dar iată că fizicianul atomist Leo Szilard și-a amintit că citise romanul din 1914 al lui H.G. Wells, *Lumea eliberată*, în care acesta prezicea construirea unei bombe atomice. În cartea cu pricina, el susținea că secretul bombei atomice va fi dezlegat de către un fizician în 1933. Din întâmplare, Szilard a ajuns să citească acea carte în 1932. Îmboldit de roman, în 1933, exact așa cum prezisese Wells cu circa două decenii în urmă, el a descoperit ideea de a amplifica puterea unui singur atom printr-o reacție în lanț, în așa fel încât energia obținută prin fisionarea unui singur nucleu de uraniu poate fi amplificată de miliarde de ori. În continuare, Szilard a pus în mișcare o serie de experimente esențiale și de negocieri secrete între Einstein și președintele Franklin Roosevelt, care vor conduce în final la Proiectul Manhattan, cel care a construit bomba atomică.

În repetate rânduri, vedem cum studierea imposibilului a deschis perspective cu totul noi, forțând granițele fizicii și ale chimiei și obligându-i pe oamenii de știință să redefinească ceea ce înțeleg ei prin „imposibil". Așa cum Sir William Osier spunea cândva: „Filosofiile unei epoci au devenit absurditățile epocii următoare, iar prostiile de ieri au devenit înțelepciunea de mâine".

Mulți fizicieni subscriu la celebrul dicton al lui T.H. White, care scria în *Regele care a fost și regele care va fi*: „Tot ce nu este interzis e obligatoriu!" În fizică, găsim tot timpul demonstrația acestei maxime. Exceptând cazul în care o lege a fizicii interzice în mod explicit un nou fenomen, în cele din urmă descoperim că acesta există. (Asta s-a întâmplat de mai multe ori în cercetările legate de noile

particule subatomice. Sondând limitele a ceea ce este interzis, fizicienii au descoperit, adesea în mod neașteptat, noi legi ale fizicii.)[1] Un corolar la afirmația lui T. H. White ar putea fi, foarte bine, „Orice nu este imposibil este obligatoriu!"

De exemplu, cosmologul Stephen Hawking a încercat să demonstreze că este imposibil să călătorești în timp prin găsirea unei noi legi a fizicii care să interzică așa ceva, lege pe care a denumit-o „ipoteza de protejare a cronologiei". Din nefericire, după mulți ani de muncă asiduă, el n-a reușit să demonstreze acest principiu. De fapt, din contră, fizicienii au dovedit acum că o lege care să împiedice călătoria în timp depășește stadiul actual al matematicii. Astăzi, întrucât nu există nicio lege a fizicii care să interzică existența mașinilor de călătorit în timp, fizicienii au fost nevoiți să ia foarte în serios această posibilitate.

Scopul cărții de față este să ia în considerare care dintre tehnologiile socotite astăzi „imposibile" ar putea foarte bine să devină niște lucruri banale peste câteva decenii sau secole.

Deja una dintre tehnologiile considerate „imposibile" se dovedește acum a fi posibilă: noțiunea de teleportare (cel puțin la nivel atomic). Nu cu mulți ani în urmă, fizicienii ar fi spus că trimiterea unui obiect dintr-un punct în altul violează legile fizicii cuantice. De fapt, scenariștii primei serii *Star Trek* s-au simțit atât de atinși de criticile din partea fizicienilor, încât au adăugat niște așa-numite „compensatoare Heisenberg" ca o explicație la instalațiile de teleportare, cu scopul de a rezolva această lacună. Astăzi, datorită unei descoperiri recente, fizicienii pot teleporta atomi între diverse puncte ale unei camere sau fotoni pe sub Dunăre.

---

1 Acest lucru este adevărat datorită teoriei cuantice. Când adăugăm toate corecțiile cuantice posibile la o teorie (un proces migălos denumit «renormalizare») constatăm că fenomenele care înainte erau interzise, la nivel clasic, acum reintră în calcul. Aceasta înseamnă că, exceptând cazul în care ceva este interzis explicit (de către o lege a conservării, de exemplu), atunci reintră în teorie în momentul în care se adaugă corecțiile cuantice.

PREZICEREA VIITORULUI

Întotdeauna e puțin cam riscant să faci predicții, mai ales unele care ar urma să se confirme peste câteva sute sau mii de ani. Lui Niels Bohr îi plăcea să spună: „E foarte greu să faci o predicție. Mai ales despre viitor". Dar există o diferență fundamentală între epoca lui Jules Verne și prezent. Astăzi, legile fundamentale ale fizicii sunt în esență înțelese. Fizicienii de astăzi înțeleg legile fundamentale care-și extind valabilitatea peste patruzeci și trei de ordine de mărime, de la interiorul protonului până la universul în expansiune. În consecință, fizicienii pot să afirme, cu o convingere rezonabilă, cum ar putea să arate contururile largi ale tehnologiei viitoare și să facă mai bine diferența între tehnologiile care sunt doar improbabile și cele care sunt cu adevărat imposibile.

Prin urmare, în cartea de față eu am împărțit lucrurile „imposibile" în trei categorii.

Prima este ceea ce eu numesc *Imposibilități de clasa I*. Acestea sunt tehnologii care sunt imposibile astăzi, dar care nu încalcă niciuna dintre legile cunoscute ale fizicii. Așa încât ar putea fi posibile în acest secol sau poate în secolul viitor, într-o formă modificată. Printre acestea se numără teleportarea, motoarele cu antimaterie, anumite forme de telepatie, psihokinezia și invizibilitatea.

A doua categorie este cea a *Imposibilităților de clasa a II-a*. Acestea sunt tehnologii aflate chiar la limita modului nostru de a înțelege lumea fizică. Dacă sunt posibile câtuși de puțin, ele ar putea fi realizate într-un interval cuprins între câteva milenii și câteva milioane de ani. Printre acestea se numără mașinile de călătorit în timp, posibilitatea

călătoriilor prin hiperspațiu și deplasarea prin intermediul găurilor de vierme.

În ultima categorie intră *Imposibilitățile de clasa a III-a*. Acestea sunt tehnologii care încalcă legile fizicii așa cum le cunoaștem. În mod surprinzător, există foarte puține asemenea tehnologii imposibile. Dacă se vor dovedi totuși posibile, ar reprezenta o modificare fundamentală a felului cum înțelegem fizica.

Am sentimentul că această clasificare este semnificativă, deoarece multe dintre tehnologiile ce aparțin de science-fiction sunt respinse de către oamenii de știință ca fiind totalmente imposibile, când, de fapt, ce vor ei să spună e că sunt imposibile pentru o civilizație primitivă precum a noastră. Vizitatorii extratereștri, de exemplu, sunt de obicei considerați imposibili pentru că distanțele dintre stele sunt atât de mari. În vreme ce, pentru civilizația noastră, călătoria interstelară este evident imposibilă, s-ar putea să fie posibilă pentru o civilizație mai avansată cu secole, milenii sau milioane de ani față de noi. Iată de ce este importantă o clasificare a acestor „imposibilități". Tehnologiile care sunt imposibile pentru actuala noastră civilizație nu sunt în mod necesar imposibile pentru alte tipuri de civilizație. Afirmațiile despre ce este posibil și ce e imposibil trebuie să ia în considerare tehnologii care sunt cu milenii sau milioane de ani înaintea noastră.

Cândva, Carl Sagan a spus: „Ce înseamnă pentru o civilizație să aibă o vechime de un milion de ani? Avem radiotelescoape și nave spațiale de câteva decenii; civilizația noastră tehnică are o vechime de câteva sute de ani... o civilizație avansată veche de câteva milioane de ani este la fel de mult înaintea noastră cum suntem noi față de lemurii africani sau față de macaci".

În cercetările mele, mă concentrez profesional pe strădania de a încerca definitivarea visului lui Einstein legat de „teoria tuturor lucrurilor". Personal, găsesc foarte însuflețitor să lucrez la o „teorie finală" care ar putea în ultimă instanță să răspundă la unele dintre cele mai dificile întrebări „imposibile" din știința zilelor noastre, cum ar fi dacă este posibilă călătoria în timp, ce se află în centrul unei găuri negre sau ce s-a întâmplat înainte de Big Bang. Încă mai visez cu ochii deschiși la lunga mea poveste de dragoste cu imposibilul și mă întreb când și dacă vreuna dintre aceste imposibilități ar putea să pătrundă în viața noastră cotidiană.

MULȚUMIRI

Materialul din această carte acoperă multe domenii și discipline, precum și lucrări ale unui mare număr de savanți remarcabili. Aș dori să mulțumesc următoarelor personalități, care au oferit cu generozitate o parte din timpul lor pentru interviuri lungi, consultații și conversații interesante și stimulatoare:

Leon Lederman, laureat al Premiului Nobel, Illinois Institute of Technology
Murray Gell-Mann, laureat al Premiului Nobel, Santa Fe Institute și Cal Tech
The late Henry Kendall, laureat al Premiului Nobel, MIT
Steven Weinberg, laureat al Premiului Nobel, University of Texas din Austin
David Gross, laureat al Premiului Nobel, Kavli Institute for Theoretical Physics
Frank Wilczek, laureat al Premiului Nobel, MIT
Joseph Rotblat, laureat al Premiului Nobel, Spitalul St. Bartholomew
Walter Gilbert, laureat al Premiului Nobel, Harvard University
Gerald Edelman, laureat al Premiului Nobel, Scripps Research Institute
Peter Doherty, laureat al Premiului Nobel, St. Jude Children's Research Hospital
Jared Diamond, câștigător al Premiului Pulitzer, UCLA
Stan Lee, creator al benzilor desenate *Marvel* și *Spiderman*

Brian Greene, Columbia University, autor al lucrării *The Elegant Universe*
Lisa Randall, Harvard University, autor al cărții *Warped Passages*
Lawrence Krauss, Case Western University, autor al lucrării *The Physics of Star Trek*
J. Richard Gott III, Princeton University, autor al lucrării *Time Travel in Einstein's Universe*
Alan Guth, fizician, MIT, autor al lucrării *The Inflationary Universe*
John Barrow, fizician, Cambridge University, autor al cărții *Impossibility*
Paul Davies, fizician, autor al cărții *Superforce*
Leonard Susskind, fizician, Stanford University
Joseph Lykken, fizician, Fermi National Laboratory
Marvin Minsky, MIT, autor al lucrării *The Society of Minds*
Ray Kurzweil, inventator, autor al lucrării *The Age of Spiritual Machines*
Rodney Brooks, director al Laboratorului de Inteligență Artificială de la MIT
Hans Moravec, autor al cărții *Robot*
Ken Croswell, astronom, autor al cărții *Magnificent Universe*
Don Goldsmith, astronom, autor al cărții *Runaway Universe*
Neil de Grasse Tyson, director al Planetariului Hayden, New York
Robert Kirshner, astronom, Harvard University
Fulvia Melia, astronom, University of Arizona
Sir Martin Rees, Cambridge University, autor al

cărții *Before the Beginning*
Michael Brown, astronom, Cal Tech
Paul Gilster, autor al cărții *Centauri Dreams*
Michael Lemonick, redactor științific principal al revistei *Time*
Timothy Ferris, University of California, autor al cărții *Coming of Age in the Milky Way*
The late Ted Taylor, proiectant de focoase nucleare pentru Statele Unite ale Americii
Freeman Dyson, Institute for Advanced Study, Princeton
John Horgan, Stevens Institute of Technology, autor al lucrării *The End of Science*
Regretatul Carl Sagan, Cornell University, autor al cărții *Cosmos*
Ann Druyan, văduva lui Carl Sagan, Cosmos Studios
Peter Schwarz, futurolog, fondator al Global Business Network
Alvin Toffler, futurolog, autor al cărții *The Third Wave*
David Goodstein, asistent de administrator al Cal Tech
Seth Lloyd, MIT, autor al cărții *Programming the Universe*
Fred Watson, astronom, autor al cărții *Star Gazer*
Simon Singh, autor al cărții *The Big Bang*
Seth Shostak, SETI Institute
George Johnson, *New York Times*, jurnalist pe teme științifice
Jeffrey Hoffman, MIT, astronaut, NASA

Tom Jones, astronaut NASA
Alan Lightman, MIT, autor al cărții *Einstein's Dreams*
Robert Zubrin, fondator al *Mars Society*
Donna Shirley, NASA Mars program
John Pike, GlobalSecurity.org
Paul Saffo, futurolog, Institute of the Future
Louis Friedman, cofondator al Planetary Society
Daniel Werthheimer, SETI@home, University of California din Berkeley
Robert Zimmerman, autor al cărții *Leaving Earth*
Marcia Bartusiak, autor al cărții *Einstein's Unfinished Symphony*
Michael H. Salamon, programul NASA *Dincolo de Einstein*
Geoff Andersen, U.S. Air Force Academy, autor al cărții *The Telescope*

Aș dori să-i mulțumesc și agentului meu, Stuart Krichevsky, care a fost alături de mine în toți acești ani, îngrijindu-se de toate cărțile mele, și, de asemenea, redactorului meu, Roger Scholl, ale cărui mână fermă, judecată limpede și experiență editorială au călăuzit multe dintre cărțile mele. Aș dori în final să mulțumesc și colegilor mei de la City College of New York și lui Dan Greenberger, care și-au dăruit cu generozitate din timpul lor pentru discuții.

IMPOSIBILITĂȚI DE CLASA I

1. CÂMPURILE DE FORȚĂ

I. Când un om de știință distins, dar mai vârstnic, declară că un lucru este posibil, aproape sigur are dreptate. Când declară că e imposibil, cu mare probabilitate, se înșală.
II. Singura cale de a descoperi limitele posibilului este să ne aventurăm cu puțin dincolo de ele în imposibil.
III. Orice tehnologie îndeajuns de avansată nu poate fi distinsă de magie.

CELE TREI LEGI ALE LUI ARTHUR C. CLARKE

— Ridicați scuturile!

În nenumărate episoade din *Star Trek*, acesta este primul ordin pe care căpitanul Kirk îl dă echipajului, generându-se astfel câmpul de forțe ce protejează nava *Enterprise* de focul inamic.

Atât de vitale sunt câmpurile de forțe în *Star Trek*, încât evoluția luptei poate fi apreciată după cum rezistă respectivele câmpuri de forță. Ori de câte ori puterea se scurge din câmpurile de forță, *Enterprise* suferă lovituri din ce în ce mai distrugătoare în carenă până când, în cele din urmă, capitularea devine inevitabilă.

Așadar, ce e un câmp de forțe? În science-fiction, e ceva înșelător de simplu: o barieră subțire, invizibilă și totuși impenetrabilă, capabilă să devieze atât fascicule laser, cât și rachete. La prima vedere, un câmp de forțe pare atât de simplu, încât crearea sa ca scut de folosit în luptă pare iminentă. Ai zice că, de la o zi la alta, vreun inventator întreprinzător va anunța descoperirea unui

câmp de forțe defensiv. Dar adevărul este cu mult mai complicat.

În aceeași manieră în care becul electric al lui Edison a revoluționat civilizația modernă, un câmp de forțe ar putea afecta în mod profund toate aspectele vieții noastre.

Militarii ar putea folosi câmpurile de forțe pentru a deveni invulnerabili, creând un scut impenetrabil împotriva proiectilelor și gloanțelor inamice. Podurile, autostrăzile și șoselele ar putea fi construite, teoretic, printr-o simplă apăsare de buton. Orașe întregi ar putea răsări instantaneu în deșert, cu zgârie-nori construiți întru totul din câmpuri de forțe. Câmpurile de forță înălțate deasupra orașelor ar putea să permită modificarea efectelor climei acestora — vânturi puternice, viscole, tornade — după bunul plac. La adăpostul cupolei protectoare a unui câmp de forțe, orașele ar putea fi construite sub apele oceanului. Sticla, oțelul și mortarul ar putea fi înlocuite în întregime.

Și totuși oricât de curios ar părea, câmpul de forță este unul dintre dispozitivele cel mai dificil de creat în laborator. De fapt, unii fizicieni cred că ar putea fi de-a dreptul imposibil, dacă nu i se modifică proprietățile.

MICHAEL FARADAY

Conceptul câmpurilor de forță își are originea în opera marelui savant britanic din secolul al XIX-lea Michael Faraday.

Faraday s-a născut într-o familie de muncitori (tatăl lui era fierar) și ducea o existență precară ca ucenic într-o legătorie de cărți la începutul secolului al XIX-lea. Tânărul Faraday a fost fascinat de uriașele progrese realizate

în descoperirea proprietăților misterioase ale celor două noi forțe: electricitatea și magnetismul. Faraday a devorat tot ce-a putut găsi referitor la aceste domenii și a luat parte la conferințele profesorului Humphrey Davy de la Institutul Regal din Londra.

Într-o zi, profesorul Davy a suferit un grav accident la ochi în laboratorul de chimie și l-a angajat pe Faraday ca secretar personal. Încetul cu încetul, Faraday a început să câștige încrederea oamenilor de știință de la Institutul Regal și a căpătat permisiunea să desfășoare experimente importante proprii, deși era adeseori disprețuit. De-a lungul anilor, profesorul Davy a devenit tot mai invidios pe calitățile excepționale demonstrate de tânărul său asistent, care era o stea în ascensiune în cercurile experimentatorilor, eclipsând în cele din urmă faima lui Davy însuși. După moartea acestuia din urmă, survenită în 1829, Faraday a avut libertatea să efectueze o serie de descoperiri uluitoare care au condus la crearea generatoarelor ce vor alimenta cu energie orașe întregi și vor schimba cursul civilizației mondiale.

Elementul esențial al celor mai mari descoperiri ale lui Faraday l-au constituit „câmpurile de forță". Dacă se așază pilitură de fier deasupra unui magnet, se constată că pilitura de fier se distribuie după modelul unei pânze de păianjen care umple tot spațiul. Acestea sunt liniile de forță ale lui Faraday, care descriu grafic distribuția spațială a câmpurilor de forță ale electricității și ale magnetismului. Dacă se trasează graficul câmpurilor magnetice ale Pământului, de exemplu, se constată că liniile pornesc din regiunea Polului Nord, pentru a pătrunde din nou în Pământ în regiunea polară sudică. În mod similar, dacă ar fi să reprezentăm grafic liniile câmpului electric ale unui

paratrăsnet în timpul unei furtuni, s-ar constata că liniile de forță se concentrează în vârful paratrăsnetului. Pentru Faraday, spațiul înconjurător nu era deloc gol, ci plin de linii de forță care puteau face să se miște obiecte îndepărtate. (Din cauza sărăciei îndurate în prima parte a vieții, Faraday nu avea niciun fel de cunoștințe matematice și, în consecință, caietele sale de însemnări nu erau pline de ecuații, ci de diagrame ale acestor linii de forță. În mod paradoxal, lipsa de cunoștințe în domeniul matematicii l-a făcut să creeze aceste frumoase diagrame ale liniilor de forță care pot fi întâlnite acum în orice manual de fizică. În știință, o imagine fizică este adeseori mai importantă decât aparatul matematic folosit pentru a o descrie.)

Istoricii au făcut speculații cu privire la modul în care Faraday a ajuns să descopere câmpurile de forță, unul dintre cele mai importante concepte din întreaga știință. De fapt, *totalitatea fizicii moderne* este scrisă în limbajul câmpurilor lui Faraday. În 1831, el a făcut descoperirea esențială privind câmpurile de forță care a schimbat pentru totdeauna civilizația. Într-o zi, în timp ce deplasa un magnet de jucărie pe deasupra unei bobine din sârmă, a observat că reușea să genereze un curent electric în acea sârmă, fără s-o atingă câtuși de puțin. Prin urmare, câmpul invizibil al magnetului poate să pună în mișcare electronii din sârmă, prin spațiul gol, creând astfel un curent.

„Câmpurile de forță“ ale lui Faraday, care până atunci fuseseră considerate niște mâzgăleli inutile, erau, de fapt, niște forțe reale, materiale, care puteau muta obiecte și genera putere. În zilele noastre, lumina cu ajutorul căreia puteți citi această pagină este probabil alimentată energetic de descoperirea lui Faraday referitoare la electromagnetism. Un magnet care se rotește creează un câmp de forță care

pune în mișcare electronii dintr-o sârmă, făcându-i să se deplaseze sub forma unui curent electric. Electricitatea creată în sârmă poate fi apoi folosită pentru a aprinde un bec electric. Același principiu e folosit pentru generarea electricității folosite de orașele din întreaga lume. De exemplu, apa care trece printr-un baraj face să se rotească un magnet uriaș dintr-o turbină, care apoi împinge electronii dintr-o sârmă, formând un curent electric ce ajunge la locuințele noastre prin intermediul cablurilor de înaltă tensiune.

Cu alte cuvinte, câmpurile de forță ale lui Michael Faraday sunt forțele care pun în mișcare civilizația modernă, de la buldozerele electrice la computerele, internetul și iPod-urile din zilele noastre.

Câmpurile de forță ale lui Faraday au constituit un model de inspirație pentru fizicieni vreme de un secol și jumătate. Einstein a fost atât de influențat de aceste câmpuri de forță, încât a scris teoria referitoare la gravitație în termenii acestora. Și eu am fost inspirat de opera lui Faraday. Cu ani în urmă, am reușit să scriu teoria stringurilor în termenii câmpurilor de forță ale lui Faraday, fundamentând astfel teoria câmpurilor de stringuri. În fizică, atunci când se spune despre cineva că „gândește ca o linie de forță", se consideră a fi un mare compliment.

CELE PATRU FORȚE

În ultimii două mii de ani, una dintre realizările de frunte ale fizicii a fost izolarea și identificarea celor patru forțe care guvernează universul. Toate pot fi descrise în limbajul câmpurilor introdus de Faraday. Totuși din păcate, niciuna dintre ele nu are acele proprietăți ale câmpurilor

de forță descrise în majoritatea operelor de science-fiction. Aceste forțe sunt:

1) *Gravitația*, forța tăcută care ne ține picioarele lipite de sol, previne dezintegrarea Pământului și a stelelor și menține laolaltă sistemul solar și galaxia. În absența gravitației, mișcarea de rotație a Pământului ne-ar arunca în spațiul cosmic cu o viteză de aproximativ 1 600 de kilometri pe oră. Problema e că gravitația are exact proprietățile opuse câmpurilor de forță întâlnite în science-fiction. Gravitația este atractivă, nu repulsivă, este extrem de slabă, în termeni relativi, și acționează la distanțe uriașe, astronomice. Este aproape opusul barierei plate, subțiri și impenetrabile din science-fiction. De exemplu, este nevoie de întreaga planetă pentru a atrage un fulg la podea, dar putem contracara gravitația terestră ridicând fulgul cu un deget. Acțiunea degetului nostru poate contracara gravitația unei întregi planete care cântărește peste șase trilioane de trilioane de kilograme.

2) *Electromagnetismul,* forța care ne luminează orașele. Laserele, radioul, televiziunea, electronica modernă, computerele, internetul, electricitatea, magnetismul — toate sunt consecințe ale forței electromagnetice. Este, probabil, cea mai utilă dintre forțele stăpânite vreodată de om. Spre deosebire de gravitație, ea poate fi și atractivă, și repulsivă. Cu toate acestea, există câteva motive pentru care este neadecvată în calitate de câmp de forțe. Mai întâi, poate fi neutralizată cu ușurință. Materialele plastice și alți izolatori, de exemplu, pot penetra ușor un câmp electric sau magnetic, oricât ar fi de puternic. O bucată de material plastic aruncată într-un câmp magnetic va trece fără probleme prin acesta.

În al doilea rând, acționează pe distanțe mari și nu poate fi focalizată cu ușurință asupra unui plan. Legile forței electromagnetice sunt descrise de ecuațiile lui James Clerk Maxwell, iar aceste ecuații nu par să admită drept soluții câmpurile de forță.

3) și 4) *Forțele nucleare slabă și tare.* Forța slabă este forța dezintegrării radioactive. Ea încălzește nucleul Pământului, care este radioactiv. E forța din spatele vulcanilor, a cutremurelor de pământ și a derivei continentale. Forța tare este cea care ține laolaltă nucleele atomice. Energia soarelui și a stelelor își are originea în forța nucleară, care este responsabilă pentru iluminarea universului. Problema e că forța nucleară are o rază de acțiune mică, acționând în principal pe distanța nucleului. Pentru că e atât de legată de proprietățile nucleelor, este extrem de dificil de manipulat. În prezent, singura modalitate pe care o avem de a manipula această forță este să descompunem particulele atomice în dezintegratoare atomice sau să detonăm bombe atomice.

Deși câmpurile de forță utilizate în science-fiction s-ar putea să nu se conformeze legilor cunoscute ale fizicii, există anumite șanse ca astfel de câmpuri de forță să fie posibile. Mai întâi, s-ar putea să existe o a cincea forță, încă neobservată în laboratoare. O astfel de forță ar putea, de exemplu, să acționeze doar la distanțe cuprinse între câțiva centimetri și câteva zeci de centimetri, și nu la distanțe astronomice. (Totuși primele încercări de a măsura prezența acestei a cincea forțe au avut rezultate negative.)

În al doilea rând, s-ar putea să fie posibilă folosirea plasmei pentru a mima unele dintre proprietățile unui câmp de forță. Plasma este „cea de-a patra stare de

agregare a materiei". Solidele, lichidele și gazele alcătuiesc cele trei stări familiare ale materiei, dar forma cea mai răspândită a materiei în univers este plasma, care este un gaz alcătuit din atomi ionizați. Întrucât atomii plasmei sunt descompuși, cu electronii separați de atom, aceștia sunt încărcați electric și pot fi manipulați cu ușurință prin intermediul unor câmpuri electrice și magnetice.

Plasmele sunt cele mai răspândite forme de materie vizibilă din univers, alcătuind soarele, stelele și gazul interstelar. Plasmele nu ne sunt familiare, pentru că se întâlnesc rareori pe Pământ, dar le putem observa sub forma fulgerelor, a soarelui și a interiorului televizorului cu plasmă.

FERESTRELE DIN PLASMĂ

După cum remarcam mai sus, dacă un gaz este încălzit la o temperatură suficient de mare, creând prin urmare o plasmă, poate fi modelat și modificat de câmpurile magnetic și electric. De exemplu, poate să capete forma unui cearșaf sau a unei ferestre. Mai mult, această „fereastră din plasmă" poate fi folosită pentru a separa vidul de aerul obișnuit. În principiu, se poate împiedica împrăștierea în spațiu a aerului dintr-o navă spațială, creându-se astfel o interfață transparentă convenabilă între spațiul cosmic și navă.

În serialul de televiziune *Star Trek*, un astfel de câmp de forță este folosit pentru a separa Puntea Navetei, care adăpostește micul echipaj al navetei, de vidul din spațiul cosmic. Nu numai că e o modalitate inteligentă de a economisi banii de recuzită, dar e și un dispozitiv a cărui realizare este posibilă.

Fereastra din plasmă a fost inventată în 1995 de către fizicianul Ady Herschcovitch, de la Laboratorul

Național Brookhaven din Long Island, New York. Prin această invenție, el a dorit să rezolve problema sudării metalelor prin utilizarea fasciculelor de electroni. Aparatul de sudură cu acetilenă folosește un curent de gaz fierbinte pentru a topi și apoi a suda laolaltă piesele metalice. Dar un fascicul de electroni poate suda metalele mai rapid, mai curat și mai ieftin decât metodele obișnuite. Totuși la sudura cu fascicul de electroni problema constă în faptul că necesită un spațiu vidat în care să funcționeze. Acest amănunt este foarte incomod, deoarece presupune crearea unei incinte vidate care poate fi de mărimea unei camere de locuit.

Dr. Herschcovitch a inventat fereastra din plasmă ca soluție a acestei probleme. Având doar 90 de centimetri înălțime și mai puțin de 30 de centimetri în diametru, fereastra din plasmă încălzește gazul până la peste 6 600 de grade Celsius, sau de circa 300 de ori mai fierbinte decât aerul, creând o plasmă care este ținută în loc de câmpuri electrice și magnetice. Aceste particule exercită presiune, ca în orice gaz, împiedicând aerul să pătrundă în incinta vidată și separând astfel aerul de vid. (Când se folosește argonul în fereastra din plasmă, aceasta devine albastră, la fel ca și câmpul de forțe din *Star Trek*.)

Fereastra din plasmă are numeroase aplicații în industria și în călătoriile spațiale. De multe ori, procesele de fabricare au nevoie de vid pentru a realiza microfabricația și gravarea uscată în scopuri industriale, ceea ce poate costa foarte mult. Dar cu fereastra din plasmă, se poate menține vidul într-o incintă, printr-o simplă apăsare de buton.

Dar poate fi folosită această fereastră și ca un scut impenetrabil? Poate rezista la impactul unui proiectil expediat de un tun? În viitor, ne putem imagina o fereastră din plasmă de putere și temperatură mult mai

mari, suficiente pentru a distruge sau vaporiza proiectilele atacatoare. Dar ca să creăm un câmp de forță mai realist, precum cel găsit în science-fiction, am avea nevoie de o combinație a mai multor tehnologii așezate în straturi. Fiecare strat în parte s-ar putea să nu aibă forța necesară pentru a opri ghiuleaua, dar combinația lor ar putea să fie suficientă.

Stratul exterior ar putea fi o fereastră din plasmă supraîncărcată, încălzită la temperaturi îndeajuns de mari pentru a vaporiza metalele. Un al doilea strat ar putea fi o perdea de fascicule laser de mare energie. Această perdea, conținând mii de fascicule laser încrucișate, ar crea o rețea ce ar încălzi obiectele care ar trece prin ea, vaporizându-le efectiv. Vom vorbi mai mult despre lasere în capitolul următor.

Iar în spatele acestei perdele din lasere s-ar putea imagina o rețea alcătuită din „nanotuburi din carbon", tuburi minuscule făcute din atomi individuali din carbon care au pereții de grosimea unui atom și care sunt de multe ori mai rezistente decât oțelul. Cu toate că actualul record mondial în materie de nanotuburi din carbon este de numai 15 milimetri lungime, se poate închipui că într-o zi am putea fi capabili să creăm nanotuburi din carbon de lungime arbitrară. Presupunând că nanotuburile din carbon pot fi întrețesute într-o rețea, s-ar crea un ecran protector de o rezistență uriașă, capabil de a respinge majoritatea obiectelor. Ecranul ar fi invizibil, pentru că fiecare nanotub din carbon ar avea dimensiuni atomice, dar tăria rețelei astfel constituite ar fi mai mare decât orice material obișnuit.

Așadar, printr-o combinare a ferestrei din plasmă, a perdelei din laser și a ecranului din nanotuburi de carbon se poate imagina crearea unui zid invizibil care să fie de nepătruns prin majoritatea mijloacelor.

Și totuși nici măcar asta nu ar respecta în întregime toate proprietățile câmpului de forță din operele de science-fiction. Deoarece scutul multistratificat pe care tocmai l-am descris este transparent, nu poate opri un fascicul laser. Într-o luptă în care sunt folosite tunuri laser, scutul multistratificat ar fi inutil.

Pentru a opri un fascicul laser, scutul ar mai avea nevoie să posede și o formă avansată de „fotocromatică". Acesta este procesul folosit la lentilele ochelarilor de soare, care se închid singure la culoare atunci când sunt expuse la radiația ultravioletă. Fotocromatica se bazează pe molecule care pot exista în cel puțin două stări. Într-una dintre stări, molecula este transparentă. Dar atunci când este expusă la radiație UV, ea trece instantaneu în cea de-a doua formă, care este opacă.

Într-o zi, nanotehnologia ar putea fi în stare să producă o substanță cu rezistența nanotuburilor din carbon, care să-și modifice proprietățile optice atunci când este expusă la radiația laser. În acest fel, un scut ar putea fi capabil să oprească o explozie laser, precum și un fascicul de particule sau o salvă de tun. Totuși, în momentul de față nu există paravane fotocromatice care să oprească fasciculele laser.

LEVITAȚIA MAGNETICĂ

În science-fiction, câmpurile de forță au și un alt scop pe lângă devierea fasciculelor distrugătoare, și anume să acționeze ca platformă pentru sfidarea gravitației. În filmul *Înapoi în viitor*, Michael J. Fox se deplasează cu o așa-numită „hover board" care seamănă cu un skateboard, numai că plutește pe deasupra străzii. Un astfel de dispozitiv antigravitațional este imposibil în virtutea legilor fizicii așa

cum le cunoaștem astăzi (după cum vom vedea în capitolul 10). Dar platforme și mașini cu pernă magnetică ar putea deveni o realitate în viitor, dându-ne posibilitatea să ridicăm după bunul plac obiecte de mari dimensiuni. În viitor, dacă „materialele supraconductoare la temperatura camerei" vor deveni realitate, s-ar putea să fim în stare să facem să leviteze obiecte prin forța câmpurilor magnetice.

Dacă apropiem între ele două bare magnetice, cu polii nord opuși, cei doi magneți se vor respinge. (Dacă rotim magnetul, astfel încât polul său nord să se apropie de polul sud al celuilalt, atunci cei doi magneți se vor atrage.) Același principiu, conform căruia polii de același semn se resping reciproc, poate fi folosit pentru ridicarea de la sol a unor greutăți enorme. Deja, în mai multe țări se pun în funcțiune trenuri avansate care folosesc levitația magnetică (așa-numitele trenuri maglev), care plutesc la mică distanță deasupra șinelor de cale ferată folosind magneți obișnuiți. Întrucât frecarea este nulă, aceste trenuri pot atinge viteze record, plutind pe o pernă de aer.

În 1984, primul sistem maglev automat din lume destinat publicului a început să funcționeze în Marea Britanie, cu plecare de pe Aeroportul Birmingham International către stația de cale ferată Birmingham International din apropiere. Trenuri maglev au mai fost construite în Germania, Japonia și Coreea, deși majoritatea lor n-au fost proiectate să se deplaseze cu viteze mari. Primul tren maglev care să funcționeze la viteze mari este linia demonstrativă IOS (*initial operating segment* — segmentul operațional inițial) din Shanghai, care se deplasează cu viteza maximă de 431 de kilometri la oră. Trenul maglev japonez din prefectura Yamanashi a atins viteza de 581 kilometri la oră, fiind chiar mai rapid decât trenurile obișnuite, pe roți.

Totuși, asemenea dispozitive magnetice sunt extrem de costisitoare. O cale de sporire a eficienței ar fi folosirea supraconductorilor, care își pierd întreaga rezistență electrică atunci când sunt răciți până la temperaturi apropiate de zero absolut.

Supraconductivitatea a fost descoperită în 1911 de către Heike Onnes. Dacă sunt răcite până mai jos de 20 de grade deasupra lui zero absolut, anumite substanțe își pierd toată rezistența electrică. De obicei, când micșorăm temperatura unui metal, rezistența lui scade treptat. (Asta se întâmplă deoarece vibrațiile atomice aleatorii se opun deplasării electronilor printr-un conductor. Reducând temperatura, aceste mișcări aleatorii sunt reduse și, prin urmare, electricitatea se scurge cu o rezistență mai mică.) Dar, spre marea surprindere a lui Onnes, acesta a constatat că rezistența anumitor materiale scade brusc la zero la o temperatură critică.

Fizicienii au recunoscut imediat importanța acestui rezultat. Se pierd cantități mari de energie prin transportarea electricității la distanțe mari. Dar dacă toată rezistența ar putea fi eliminată, curentul electric ar putea fi transmis aproape gratuit. De fapt, dacă electricitatea ar putea fi făcută să circule într-o bobină de sârmă, respectivul curent electric ar circula vreme de milioane de ani, fără vreo reducere a energiei. Mai mult decât atât, magneți de o putere incredibilă ar putea fi fabricați cu eforturi mici. Cu acești magneți, se pot ridica greutăți imense cu ușurință.

În pofida tuturor acestor puteri miraculoase, problema cu supraconductivitatea constă în faptul că e foarte costisitor să cufunzi magneți de mari dimensiuni în recipiente pline cu lichid suprarăcit. Imense uzine de refrigerare sunt necesare pentru a menține lichidele

suprareci, ceea ce face ca prețul magneților supraconductori să fie prohibitiv.

Dar, într-o zi, fizicienii ar putea să creeze un material „supraconductor la temperatura camerei", acest adevărat Graal al specialiștilor în fizica solidului. Dacă supraconductorii la temperatura camerei pot fi inventați în laborator, ar declanșa o a doua revoluție industrială. Câmpurile magnetice puternice capabile să ridice mașini și trenuri vor deveni atât de ieftine, încât automobilele cu pernă magnetică ar putea deveni fezabile din punct de vedere economic. Cu ajutorul unor astfel de supraconductori, mașinăriile zburătoare fantastice pe care le putem vedea în filme precum *Înapoi în viitor*, *Raport special* și *Războiul stelelor* ar putea deveni realitate.

În principiu, ar fi posibil să purtăm o centură realizată din magneți supraconductori care să ne permită să levităm fără eforturi. Cu o asemenea centură, am putea zbura asemenea lui Superman. Supraconductorii la temperatura camerei sunt atât de remarcabili, încât apar în numeroase romane de science-fiction (cum ar fi seria *Lumea inelară* scrisă în 1970 de către Larry Niven).

Vreme de decenii, fizicienii au căutat fără succes supraconductorii la temperatura camerei. Testarea, unul după altul, a tot felul de materiale a fost un proces îndelungat și aleatoriu. Dar în 1986 a fost descoperită o nouă clasă de substanțe care deveneau supraconductoare la circa 90 de grade deasupra lui zero absolut, sau 90 de grade Kelvin, ceea ce a creat senzație în lumea fizicii. Zăgazurile păreau să se fi deschis. Lună după lună, fizicienii s-au angrenat într-o competiție pentru doborârea recordului mondial la materiale supraconductoare. Pentru un scurt moment, se părea că supraconductorii la temperatura camerei vor sări din paginile

romanelor SF și vor pătrunde în casele noastre. Dar după câțiva ani de cursă la viteze amețitoare, cercetările legate de supraconductorii la temperaturi ridicate au început să se domolească.

În prezent, recordul mondial pentru un supraconductor de temperatură ridicată este deținut de o substanță denumită oxid de cupru calciu bariu taliu mercur, care devine supraconductoare la 138 grade Kelvin (minus 135 de grade Celsius). Această temperatură relativ ridicată este încă foarte departe față de temperatura camerei. Dar acest record rămâne important. Azotul se lichefiază la 77 de grade Kelvin, iar azotul lichid costă cam tot atât cât laptele obișnuit. Prin urmare, azotul lichid obișnuit poate fi folosit pentru a răci acești supraconductori de temperaturi ridicate cu costuri mici. (Firește, supraconductorii la temperatura camerei nu vor avea nevoie de niciun fel de răcire.)

În mod destul de stânjenitor, în prezent nu există nicio teorie care să explice proprietățile acestor supraconductori de temperaturi înalte. De fapt, un Premiu Nobel îl așteaptă pe fizicianul întreprinzător care poate explica supraconductorii de temperaturi ridicate cunoscuți în prezent. (Acești supraconductori ceramici sunt alcătuiți din atomi aranjați în straturi distincte. Mulți fizicieni susțin teoria conform căreia această stratificare a materialelor ceramice face posibil ca electronii să se deplaseze liber în cadrul fiecărui strat, creând un supraconductor. Dar cum se întâmplă asta exact continuă să fie un mister.)

Din cauza acestei lacune, fizicienii recurg, din nefericire, la o procedură aleatorie pentru a căuta noi supraconductori de temperaturi înalte. Aceasta înseamnă că legendarul supraconductor de temperatură ridicată poate fi descoperit mâine, anul viitor sau niciodată. Nimeni nu

știe când sau dacă o astfel de substanță va fi descoperită vreodată.

Dar dacă supraconductorii la temperatura camerei vor fi descoperiți, ar putea declanșa un val uriaș de aplicații comerciale. Câmpurile magnetice care să fie de un milion de ori mai puternice decât câmpul magnetic terestru (care este de 0,5 Gauss) pot deveni un lucru comun, permițând automobilelor și oamenilor să leviteze.

O proprietate obișnuită a supraconductivității este ceea ce se cheamă efectul Meissner. Dacă așezi un magnet deasupra unui supraconductor, acesta va levita, de parcă ar fi ținut în aer de o forță invizibilă. (Cauza efectului Meissner este faptul că magnetul are efectul de a crea un magnet „imagine în oglindă" în interiorul supraconductorului, astfel încât magnetul originar și magnetul-imagine se resping reciproc. O altă modalitate de a vedea acest fenomen este faptul că un câmp magnetic nu poate pătrunde într-un supraconductor. În schimb, câmpurile magnetice sunt respinse. Așadar, dacă un magnet este ținut deasupra unui supraconductor, liniile sale de forță sunt respinse de către supraconductor, după care liniile de forță împing magnetul în sus, provocând levitația acestuia.)

Folosindu-se efectul Meissner, se poate imagina un viitor în care autostrăzile sunt construite din aceste materiale ceramice speciale. Apoi, cu niște magneți plasați în centură sau în pneurile mașinii, vom putea să zburăm în mod magic spre destinație, fără frecări și fără pierdere de energie.

Efectul Meissner acționează doar asupra materialelor magnetice, cum ar fi metalele. Dar mai este posibil să folosim magneți supraconductori pentru a face să leviteze și materialele nemagnetice, denumite paramagneți și diamagneți. Aceste substanțe nu au proprietăți magnetice

intrinseci; ele își dobândesc proprietățile magnetice în prezența unui câmp magnetic extern. Paramagneții sunt atrași de către un magnet extern, în vreme ce diamagneții sunt respinși.

De exemplu, apa este un diamagnet. Dat fiind că toate făpturile vii sunt alcătuite din apă, înseamnă că, cu ajutorul unui câmp magnetic puternic, le putem face să leviteze. Într-un câmp magnetic de aproximativ 15 Tesla (de 30 000 de ori mai mare decât câmpul magnetic terestru), oamenii de știință au făcut să leviteze animale mici, cum ar fi broaștele. Dar dacă supraconductorii la temperatura camerei ar deveni realitate, ar trebui să fie posibil să leviteze și obiecte nemagnetice de mari dimensiuni, prin intermediul proprietăților lor diamagnetice.

În concluzie, câmpurile de forță, prezentate cu atâta generozitate în science-fiction, nu se potrivesc descrierii celor patru forțe ale universului. Totuși, poate fi posibil să simulăm multe dintre proprietățile câmpurilor de forțe utilizând un scut stratificat, constând din ferestre din plasmă, paravane-laser, nanotuburi din carbon și materiale fotocromatice. Dar de realizarea unui astfel de scut ne-ar despărți multe decenii, poate chiar un secol. Iar dacă supraconductorii la temperatura camerei vor fi descoperiți, s-ar putea folosi câmpurile magnetice puternice pentru a face să leviteze automobilele și trenurile și pentru a ne înălța în aer, ca în filmele science-fiction.

Având în vedere cele de mai sus, aș considera câmpurile de forță ca o imposibilitate de clasa I sau, altfel spus, ceva imposibil cu ajutorul tehnologiei de azi, dar posibil, într-o formă modificată, în decurs de un secol sau mai mult.

IMPOSIBILITĂȚI DE CLASA I

2. INVIZIBILITATEA

Nu te poți bizui pe ochii tăi
atunci când imaginația ta o ia razna.

MARK TWAIN

În *Star Trek IV: Drumul spre casă*, un crucișător klingonian este deturnat de către echipajul de pe *Enterprise*. Spre deosebire de Flota Stelară a Federației, navele spațiale ale Imperiului Klingonian au un „dispozitiv de ascundere" secret care le face invizibile la lumină sau radar. Acest dispozitiv de ascundere îi conferă Imperiului Klingonian un avantaj strategic în fața Federației Planetelor. Cu ajutorul acestui dispozitiv, navele klingoniene se pot furișa în spatele navelor Federației, surprinzându-le în ambuscadă și scăpând nepedepsite.

Este un asemenea dispozitiv cu adevărat posibil? Invizibilitatea a fost multă vreme una dintre minunile literaturii science-fiction și fantasy, începând cu paginile *Omului invizibil*, până la mantia invizibilă din cărțile *Harry Potter* sau inelele din *Stăpânul inelelor*. Totuși vreme de cel puțin un secol, fizicienii au respins posibilitatea unor mantii care să confere invizibilitate purtătorilor, declarând categoric că acestea sunt imposibile. Ele violează legile opticii și nu se conformează niciuneia dintre proprietățile cunoscute ale materiei.

Dar astăzi, imposibilul ar putea deveni posibil. Noile progrese în domeniul „metamaterialelor" obligă la o revizuire drastică a manualelor de optică. Prototipuri funcționale ale unui mare număr de materiale au fost

realmente construite în laboratoare, declanșând un interes puternic din partea presei, a industriei și a armatei prin faptul că fac ca vizibilul să devină invizibil.

INVIZIBILITATEA DE-A LUNGUL ISTORIEI

Invizibilitatea este, probabil, unul dintre cele mai vechi concepte din mitologia antichității. Încă de la apariția primelor documente istorice, s-au consemnat cazuri de oameni care, rămași singuri într-o noapte sumbră, au fost înspăimântați de spiritele invizibile ale morților, de sufletele celor de mult dispăruți care pândeau în întuneric. Eroul grec Perseu a reușit să ucidă monstrul Medusa, echipat fiind cu o cască a invizibilității. Generalii militari au visat dintotdeauna la un dispozitiv care să asigure invizibilitatea trupelor. Fiind invizibil, poți străpunge cu ușurință liniile inamice și să-l iei prin surprindere pe dușman. Infractorii se pot folosi de invizibilitate pentru a înfăptui jafuri spectaculoase.

Invizibilitatea a jucat un rol central în teoria platoniciană a eticii și a moralității[2]. În capodopera sa filosofică, *Republica*, Platon relatează mitul inelului lui Gyges. Sărmanul, dar cinstitul păstor Gyges, din Lydia, pătrunde într-o peșteră tainică și găsește un mormânt în care se afla un cadavru ce avea un inel din aur. Gyges descoperă că inelul cu pricina avea puterea magică de a-l face invizibil. Curând, puterea oferită de inel îi ia mințile sărmanului păstor. După ce se strecoară în palatul regelui, Gyges își folosește puterea pentru a o seduce pe regină și, cu ajutorul acesteia, îl ucide pe rege și devine următorul rege al Lydiei.

Morala lui Platon este că nimeni nu poate rezista tentației de a fura și de a ucide după bunul plac. Toți oamenii

2 Platon scria: „Nimeni n-ar putea să se abțină să nu pună mâna pe ceea ce nu-i aparține dacă ar putea să-și ia nepedepsit din piață orice își dorește, sau să intre prin case și să se culce cu oricine, după bunul său plac, ori să ucidă sau să elibereze din temniță pe oricine ar vrea și, în toate privințele, ar fi ca un zeu printre oameni... Dacă ne-am

sunt coruptibili. Moralitatea este un construct social impus din afară. Un om poate să-și afișeze moralitatea în public pentru a-și menține reputația de integritate și onestitate, dar, de îndată ce capătă darul invizibilității, folosirea unei astfel de puteri devine irezistibilă. (Unii consideră că această pildă privind moralitatea a constituit sursa de inspirație pentru trilogia *Stăpânul inelelor* de J.R.R. Tolkien, în care, de asemenea, un inel care dă invizibilitate celui care-l poartă este o sursă a răului.)

Invizibilitatea este și în science-fiction un accesoriu larg folosit. În seria *Flash Gordon* din anii 1930, Flash devine invizibil pentru a scăpa de plutonul de execuție al lui Ming Neîndurătorul. În romanele și filmele ce-l au ca erou pe Harry Potter, acesta poartă o mantie specială care-i îngăduie să umble neștiut de nimeni prin castelul Hogwarts.

H.G. Wells a concretizat o mare parte din această mitologie cu romanul său clasic *Omul invizibil*, în care un student la medicină descoperă întâmplător puterea celei de-a patra dimensiuni și devine invizibil. Din păcate, el folosește această putere fantastică pentru câștiguri personale, declanșează un șir de delicte mărunte și, în cele din urmă, moare în încercarea disperată de a scăpa de poliție.

ECUAȚIILE LUI MAXWELL ȘI SECRETUL LUMINII

Abia odată cu opera fizicianului scoțian James Clerk Maxwell, unul dintre giganții fizicii din secolul al XIX-lea, fizicienii au dobândit o înțelegere fermă a legilor opticii. Într-un anume sens, Maxwell era opusul lui Michael Faraday. În vreme ce Faraday avea un instinct experimental

---

putea închipui pe cineva care ar dobândi puterea de a deveni invizibil și n-ar face niciodată ceva ce nu se cuvine și nici n-ar atinge ceea ce e al altcuiva, atunci acela ar fi considerat de către cei din preajmă ca fiind cel mai mare prostănac..."

excepțional, dar niciun fel de pregătire teoretică, Maxwell, contemporan cu Faraday, stăpânea la perfecție matematicile avansate. El a excelat ca student în fizica matematică la Cambridge, acolo unde, cu două secole mai devreme, Isaac Newton își desăvârșise opera.

Newton inventase calculul infinitezimal, care era exprimat în limbajul așa-numitelor „ecuații diferențiale". Acestea descriu modul în care obiectele suferă continuu modificări infinitezimale în ceea ce privește spațiul și timpul. Mișcarea valurilor oceanice, a fluidelor, a gazelor și a ghiulelelor de tun — toate acestea puteau fi exprimate în limbajul ecuațiilor diferențiale. Maxwell și-a propus de la început cu limpezime țelul de a exprima descoperirile revoluționare ale lui Faraday și câmpurile sale de forță prin intermediul unor ecuații diferențiale precise.

Maxwell a început cu descoperirea lui Faraday, conform căreia câmpurile electrice se pot transforma în câmpuri magnetice și reciproc. El a luat descrierile făcute de Faraday câmpurilor de forțe și le-a rescris în limbajul precis al ecuațiilor diferențiale, obținând astfel una dintre cele mai importante serii de ecuații din știința modernă. Acestea constau în opt ecuații diferențiale cu aspect înfricoșător. Toți fizicienii și inginerii din lume trebuie să fi transpirat din pricina lor atunci când au învățat electromagnetismul în facultate.

În continuare, Maxwell și-a pus întrebarea decisivă: dacă aceste câmpuri magnetice se transformă în câmpuri electrice și reciproc, ce se întâmplă dacă ele se transformă permanent unele în altele, după un stereotip nesfârșit? Maxwell a constatat că aceste câmpuri electromagnetice creează o undă foarte asemănătoare cu

o undă oceanică. Spre uimirea lui, a calculat viteza acestor unde și a descoperit că este egală cu viteza luminii! În 1864, descoperind acest lucru, a scris profetic: „Această viteză este atât de apropiată de cea a luminii, încât avem motive solide să conchidem că lumina însăși... este o tulburare electromagnetică".

Am putea spune că a fost una dintre cele mai mari descoperiri din istoria omenirii. Pentru prima oară, secretul luminii a fost dezvăluit. Maxwell a înțeles dintr-odată că totul, de la strălucirea răsăritului de soare la înflăcărarea soarelui care apune, de la culorile splendide ale curcubeului până la stelele de pe firmament, poate fi descris de către formulele pe care le mâzgălise pe o foaie de hârtie. Astăzi noi ne dăm seama că întregul spectru electromagnetic — de la radar la televiziune, lumina infraroșie, lumina vizibilă, lumina ultravioletă, razele X, microundele și radiațiile gamma — nu sunt altceva decât unde Maxwell, care, la rândul lor, sunt câmpuri de forță vibratoare Faraday.

Comentând importanța ecuațiilor lui Maxwell, Einstein scria că acestea sunt „lucrul cel mai profund și mai productiv pe care fizica l-a experimentat de la Newton încoace".

(În mod tragic, Maxwell, unul dintre cei mai mari fizicieni ai secolului al XIX-lea, a murit prematur, la 48 de ani, de cancer la stomac, probabil exact aceeași boală care a ucis-o pe mama lui la aceeași vârstă. Dacă ar fi trăit mai mult, poate că ar fi descoperit faptul că ecuațiile lui permiteau deformări ale spațiu-timpului care ar fi condus direct la teoria relativității a lui Einstein. Este cutremurător să-ți dai seama că relativitatea ar fi putut fi descoperită în perioada Războiului de secesiune american, dacă Maxwell ar fi trăit mai mult.)

Teoria lui Maxwell privind lumina și teoria atomică dau explicații simple pentru optică și invizibilitate. Într-un solid, atomii sunt strâns împachetați, în vreme ce într-un lichid sau într-un gaz, moleculele se află la distanțe mult mai mari. Majoritatea solidelor sunt opace pentru că razele luminoase nu pot să treacă prin matricea densă a atomilor din acel solid, care se comportă ca un zid din cărămidă. Prin contrast, multe lichide și gaze sunt transparente pentru că lumina poate trece mai ușor prin spațiile largi dintre atomii acestora, un spațiu care e mai mare decât lungimea de undă a luminii vizibile. De exemplu, apa, alcoolul, amoniacul, acetona, peroxidul de hidrogen, benzina și așa mai departe, sunt toate transparente, așa cum sunt și gazele precum oxigenul, hidrogenul, azotul, dioxidul de carbon, metanul și așa mai departe.

Există unele excepții notabile de la această lege. Multe cristale sunt, în același timp, solide și transparente. Dar atomii unui cristal sunt aranjați într-o structură de rețea precisă, în rânduri regulate, cu spații regulate între ele. În consecință, există multe căi pe care un fascicul luminos poate străbate o rețea cristalină. Prin urmare, deși cristalul este la fel de compact ca orice solid, lumina poate totuși să treacă prin cristal.

În anumite împrejurări, un obiect solid poate deveni transparent dacă atomii sunt aranjați aleatoriu. Asta se poate face încălzind anumite materiale la o temperatură înaltă și apoi răcindu-le rapid. Sticla, de exemplu, este un solid cu multe proprietăți de lichid, din cauza aranjamentului aleatoriu al atomilor săi. Anumite bomboane pot devenit și ele transparente prin această metodă.

În mod limpede, invizibilitatea este o proprietate care apare la nivel atomic, prin intermediul ecuațiilor lui

Maxwell, și de aceea ar fi extrem de dificil, dacă nu chiar imposibil, să obținem acest efect prin mijloace obișnuite. Pentru a-l face pe Harry Potter invizibil, ar trebui să-l lichefiem, să-l fierbem, ca să creăm abur, să-l cristalizăm, să-l încălzim din nou și după aceea să-l răcim, iar toate astea ar fi foarte greu de înfăptuit, chiar și pentru un vrăjitor.

Armata, neputând să creeze avioane invizibile, a încercat următorul lucru nemaipomenit: să creeze așa-numita tehnologie *stealth*, care face avioanele invizibile la radar. Tehnologia *stealth* pornește de la ecuațiile lui Maxwell pentru a crea o serie de trucuri. Un avion de vânătoare *stealth* este perfect vizibil pentru ochiul omenesc, dar pe ecranul radarului inamic el apare ca având doar dimensiunile unei păsări mari. (De fapt, tehnologia *stealth* este o amestecătură de trucuri. Modificând materialele din interiorul avionului, reducându-i conținutul de oțel prin folosirea materialelor plastice și a rășinilor, schimbându-i unghiurile fuzelajului, rearanjându-i țevile de evacuare și așa mai departe, se poate face ca fasciculul radar inamic, care se reflectă de avion, să se disperseze în toate direcțiile, așa încât să nu mai revină niciodată la ecranul radar inamic. Chiar și cu ajutorul tehnologiei *stealth*, un avion de vânătoare nu este întru totul invizibil; mai curând, el deviază și dispersează radarul atât cât este posibil din punct de vedere tehnic.)

METAMATERIALELE ȘI INVIZIBILITATEA

Dar probabil că printre cele mai promițătoare noutăți referitoare la invizibilitate se numără un nou material exotic numit „metamaterial“, care s-ar putea ca

într-o bună zi, să facă obiectele cu adevărat invizibile. În mod ironic, crearea metamaterialelor a fost cândva considerată imposibilă întrucât acestea încălcau legile opticii. Dar în 2006, cercetătorii de la Universitatea Duke din Durham, Carolina de Nord, împreună cu cei de la Colegiul Imperial din Londra, au sfidat cu succes ceea ce se considera un adevăr universal valabil și au folosit metamaterialele pentru a face un obiect invizibil pentru radiațiile din domeniul microundelor. Cu toate că mai sunt destule obstacole de depășit, e pentru prima oară în istorie când avem un plan concret de a face invizibile obiectele obișnuite. (Aceste cercetări au fost finanțate de către DARPA — Agenția pentru Proiecte de Cercetare Avansată în domeniul Apărării din cadrul Pentagonului.)

Nathan Myhrvold, fost expert în tehnologie la Microsoft, spune că potențialul revoluționar al metamaterialelor „va schimba radical modul nostru de abordare a opticii și aproape fiecare aspect al electronicii... Unele dintre aceste metamateriale pot realiza lucruri care ar fi părut miraculoase cu doar câteva decenii în urmă".[3]

Ce sunt metamaterialele? Sunt substanțe care posedă proprietăți optice care nu se găsesc în natură. Metamaterialele sunt create prin plasarea unor implanturi minuscule într-o substanță care forțează undele electromagnetice să fie deviate în moduri neobișnuite. La Universitatea Duke, oamenii de știință au încorporat circuite electrice minuscule în niște fâșii de cupru aranjate în cercuri plate, concentrice (întru câtva asemănătoare spiralelor unui cuptor electric). A rezultat un amestec sofisticat de ceramică, teflon, fibre compozite și componente metalice. Aceste implanturi înglobate în cupru fac posibilă devierea și canalizarea parcursului radiației din gama microundelor

3 Nathan Myhrvold, *New Scientist Magazine*, 18.10.2006, p. 69.

într-un anume fel. Gândiți-vă la modul cum un râu își croiește drum în jurul unui bolovan. Întrucât apa ocolește rapid bolovanul, prezența bolovanului „se pierde" în aval. În mod similar, metamaterialele pot modifica și devia continuu parcursul microundelor, astfel încât, de exemplu, să ocolească un cilindru, ceea ce, în esență, determină ca tot ce se află în interiorul cilindrului să fie invizibil la microunde. Dacă metamaterialul poate elimina în totalitate reflexia și umbrele, atunci poate face ca obiectul să fie complet invizibil pentru respectiva formă de radiație.

Oamenii de știință au demonstrat cu succes acest principiu cu ajutorul unui dispozitiv construit din zece inele din fibră de sticlă, acoperit cu elemente din cupru. Un inel din cupru în interiorul dispozitivului a fost făcut aproape invizibil la microunde, aruncând doar o umbră minusculă.

Proprietatea esențială a metamaterialelor este capacitatea lor de a manipula ceva numit „indice de refracție". Refracția este devierea pe care o suferă lumina atunci când străbate medii transparente. Dacă introduceți mâna în apă sau priviți prin lentilele ochelarilor, veți observa că apa și sticla distorsionează și deviază calea luminii obișnuite.

Motivul pentru care traiectoria luminii se modifică în sticlă sau apă este acela că lumina încetinește la pătrunderea într-un mediu dens și transparent. Viteza luminii în vid absolut rămâne aceeași, dar lumina care străbate sticla sau apa trebuie să treacă printre trilioane de atomi, ceea ce o încetinește. (Raportul dintre viteza luminii în vid și viteza luminii în mediu este denumit indice de refracție. Dat fiind că lumina încetinește în sticlă, indicele de refracție este întotdeauna mai mare decât 1,0.) De exemplu, indicele de refracție pentru vid este 1,00, pentru aer este 1,0003, pentru

sticlă este 1,5 iar pentru diamant este 2,4. De obicei, cu cât este mai dens mediul, cu atât mai mare este gradul de deviere și cu atât mai mare este indicele de refracție.

Un exemplu familiar de indice de refracție este mirajul. Dacă vă deplasați cu automobilul într-o zi caniculară și priviți drept înainte spre orizont, drumul o să vi se pară că sclipește, creând iluzia unui lac scânteietor. În deșert, uneori se pot vedea la orizont contururile unor orașe și munți îndepărtați. Asta deoarece aerul fierbinte care se ridică de pe asfalt sau de pe solul deșertului are o densitate mai mică decât aerul normal și, prin urmare, un indice de refracție mai mic decât aerul rece înconjurător, ceea ce face ca lumina ce provine de la obiectele îndepărtate să poată fi refractată de asfalt în ochi, dându-vă iluzia că vedeți niște obiecte îndepărtate.

De obicei, indicele de refracție este constant. Un fascicul îngust de lumină este deviat atunci când pătrunde în sticlă, și apoi își menține traiectoria dreaptă. Dar să presupunem pentru un moment că putem controla indicele de refracție după bunul plac, astfel încât să se poată schimba continuu în fiecare punct din interiorul stratului de sticlă. Pe măsură ce străbate noul material, lumina poate fi deviată și orientată în direcții noi, creând o traiectorie sinuoasă în toată substanța.

Dacă se poate controla indicele de refracție din interiorul unui metamaterial, astfel încât lumina să ocolească un obiect, atunci respectivul obiect ar deveni invizibil. Pentru asta, metamaterialul în cauză trebuie să aibă un indice de refracție *negativ*, despre care orice manual de optică spune că este imposibil. (Metamaterialele au fost pentru prima oară postulate teoretic într-un articol publicat în 1967 de fizicianul sovietic Victor Veselago și s-a demonstrat

că posedă proprietăți optice stranii, cum ar fi un indice de refracție negativ și efect Doppler inversat. Metamaterialele sunt atât de bizare și de absurde, încât au fost considerate odată imposibil de obținut. Dar în ultimii câțiva ani, metamaterialele au fost efectiv realizate în laborator, forțându-i pe fizicienii sceptici să rescrie toate manualele de optică.)

Cercetătorii din domeniul metamaterialelor sunt hărțuiți în permanență de către jurnaliștii care vor să știe când vor ajunge pe piață mantalele care asigură invizibilitatea. Răspunsul este: nu prea curând.

David Smith, de la Universitatea Duke, spune: „Reporterii sună și nu vor decât să le spui un număr. Numărul de luni sau numărul de ani. Te presează, te presează și iar te presează până când, în cele din urmă, spui, ei bine, poate în cincisprezece ani. După care apar titlurile de-o șchioapă din ziare, nu? Cincisprezece ani până la mantia lui Harry Potter". Iată de ce el refuză acum să dea vreo estimare temporală.[4] Fanii filmelor *Harry Potter* și *Războiul stelelor* vor trebui să mai aștepte. Chiar dacă o mantie a invizibilității *este* posibilă în cadrul legilor fizicii, așa cum vor fi de acord majoritatea fizicienilor, rămân de depășit formidabile obstacole tehnice, înainte ca această tehnologie să poată fi extinsă pentru a putea să funcționeze și în lumină vizibilă, nu doar în domeniul microundelor.

În general, structurile interne implantate în interiorul metamaterialelor trebuie să fie mai mici decât lungimea de undă a radiației. De exemplu, microundele pot avea o lungime de undă de circa 3 centimetri, așa încât, pentru ca un metamaterial să poată devia traiectoria microundelor, trebuie să aibă încorporate implanturi minuscule cu dimensiuni mai mici de 3 centimetri. Dar

4 Josie Glausiusz, *Discover Magazine*, Noiembrie 2006.

pentru a face un obiect invizibil în lumina verde, care are o lungime de undă de 500 nanometri (nm), metamaterialul trebuie să aibă încorporate structuri care să aibă lungimi de numai 50 de nanometri — iar nanometrii reprezintă dimensiuni atomice care necesită nanotehnologie. (Un nanometru este a miliarda parte dintr-un metru.) Aceasta este probabil problema esențială pe care o avem de rezolvat în tentativele de a crea o mantie adevărată a invizibilității. Atomii individuali din interiorul unui metamaterial ar trebui să fie modificați pentru a transforma traiectoria unui fascicul de lumină într-un „șarpe".

METAMATERIALELE PENTRU LUMINĂ VIZIBILĂ

Cursa e în plină desfășurare.

Din momentul în care s-a anunțat că metamaterialele au fost fabricate în laborator, a început o cursă frenetică în acest domeniu, la fiecare câteva luni apărând idei noi și descoperiri surprinzătoare. Țelul este clar: utilizarea nanotehnologiei pentru a crea metamateriale care să poată devia și lumina vizibilă, nu doar microundele. Au fost sugerate mai multe abordări, toate fiind destul de promițătoare.

O propunere este să se folosească o tehnologie deja cunoscută din industria materialelor semiconductoare pentru crearea unor noi metamateriale. O tehnică numită „fotolitografie" stă la baza miniaturizării din domeniul computerelor, fiind factorul motor al revoluției din acest domeniu. Fotolitografia permite inginerilor să așeze sute de milioane de tranzistori minusculi pe un suport din silicon care nu depășește dimensiunile degetului mare.

Motivul pentru care computerele își dublează puterea la fiecare 18 luni (fapt ce se cheamă legea lui Moore) este acela că oamenii de știință folosesc radiația ultravioletă pentru a „grava" componente din ce în ce mai mici pe un cip de silicon. Această tehnică este foarte asemănătoare cu modul în care sunt folosite șabloanele pentru a crea tricouri colorate. (Inginerii din domeniul computerelor încep cu un cip subțire pe care aplică straturi foarte fine din diverse materiale. Apoi, peste cip se așază o mască din plastic, care acționează ca un șablon. Ea conține contururile complexe ale firelor, tranzistori și componente de computer care constituie scheletul fundamental al circuitului. Cipul este apoi „îmbăiat" în lumină ultravioletă, care are o lungime de undă foarte mică, iar acea radiație imprimă *pattern*-ul pe cipul fotosensibil. Tratând cipul cu gaze și acizi speciali, circuitul complex de pe mască este gravat pe cip în locurile unde a fost expus la lumină ultravioletă. Prin acest proces se creează un cip ce conține sute de milioane de șănțulețe, care formează contururile tranzistorilor.) În prezent, cele mai mici componente care pot fi create cu ajutorul acestui proces de gravare sunt de circa 30 nm (sau aproximativ 150 de atomi în diametru).

O etapă importantă în căutarea invizibilității a survenit când această tehnologie de gravare a cipurilor de siliciu a fost folosită de către un grup de oameni de știință pentru a crea primul metamaterial care acționează în domeniul luminii vizibile. Oamenii de știință din Germania și de la Departamentul de Energie al Statelor Unite au anunțat la începutul anului 2007 că, pentru prima oară în istorie, au fabricat un material care funcționează în lumina roșie. „Imposibilul" a fost realizat într-un timp remarcabil de scurt.

Fizicianul Coștas Soukoulis, de la Laboratorul Ames din Iowa, împreună cu Stefan Linden, Martin Wegener și Gunnar Dolling, de la Universitatea din Karlsruhe, Germania, au reușit să creeze un metamaterial care are un indice de -0,6 pentru lumina roșie, la lungimea de undă de 780 nm. (Anterior, recordul mondial pentru radiația deviată de un metamaterial fusese de 1 400 nm, adică în afara domeniului vizibil, respectiv în cel al radiației infraroșii.)

Oamenii de știință au început cu un strat de sticlă pe care au aplicat un strat de argint, de fluorură de magneziu și apoi încă un strat de argint, formând un „sandvici" de fluorură care avea grosimea de doar 100 nm. Apoi, folosind tehnici de gravare standard, au creat un număr mare de orificii microscopice pătrate în respectivul sandvici, creând un *pattern* în rețea asemănător cu un năvod. (Găurile au dimensiunea de doar 100 nm, mult mai mici decât lungimea de undă a luminii roșii.) Apoi au trecut un fascicul de lumină roșie prin material și i-au măsurat indicele de refracție, care era de 0,6.

Fizicienii prevăd numeroase aplicații ale acestei tehnologii. Metamaterialele „s-ar putea să conducă într-o bună zi la dezvoltarea unui tip de superlentile plate care să funcționeze în spectrul vizibil", spune dr. Soukoulis. „O astfel de lentilă ar oferi o rezoluție superioară față de cele obținute prin tehnologiile obișnuite, cu ajutorul ei captându-se detalii mult mai mici decât o lungime de undă a luminii".[5] Aplicația imediată a unei astfel de „superlentile" ar fi fotografierea obiectelor microscopice cu o claritate neegalată, cum ar fi interiorul unei celule umane vii sau diagnosticarea bolilor unui prunc aflat încă în uter. La modul ideal, se vor putea obține fotografii ale componentelor unei molecule de ADN fără să se mai recurgă la metoda greoaie a cristalografiei cu raze X.

---

5 „Metamateriale verificate a funcționa pentru lumina vizibilă", Eurekalert, www.eurekalert.org/pub_releases/2007-01, 2007. De asemenea, *New Scientist Magazine*, 18.12.2006.

Până în prezent, acești oameni de știință au demonstrat existența unui indice de refracție negativ doar pentru lumina roșie. Pasul următor ar fi să se folosească această tehnologie pentru a crea un metamaterial care să devieze lumina roșie cu totul în jurul unui obiect, făcându-l invizibil în acea lumină.

Pe aceleași linii directoare, următoarele progrese ar putea să apară în domeniul „cristalelor fotonice". Țelul tehnologiei cristalelor fotonice este să creeze un cip care să folosească, pentru prelucrarea informației, lumina, și nu electricitatea. Aceasta presupune folosirea nanotehnologiei pentru gravarea componentelor minuscule pe un suport de tip wafer, în așa fel încât indicele de refracție să se modifice cu fiecare componentă. Tranzistoarele care folosesc lumina au mai multe avantaje față de cele care folosesc electricitatea. De exemplu, în cristalele fotonice pierderile de căldură sunt mult mai mici. (În cipurile avansate din siliciu, căldura generată e suficientă pentru a prăji un ou. De aceea, ele trebuie răcite permanent, altfel se pot deteriora, iar păstrarea unei temperaturi scăzute este foarte costisitoare.) Deloc surprinzător, știința cristalelor fotonice este ideală pentru metamateriale, dat fiind că ambele tehnologii implică manipularea indicelui de refracție al luminii la scară nanometrică.

INVIZIBILITATEA PRIN INTERMEDIUL PLASMONICII

Fără să se lase mai prejos, un alt grup a anunțat la mijlocul anului 2007 că a creat un metamaterial care deviază lumina vizibilă folosind o tehnologie cu totul diferită, denumită „plasmonică". Fizicienii Henri

Lezec, Jennifer Dionne și Harry Atwater, de la California Institute of Technology, au anunțat că au creat un metamaterial care are un indice de refracție negativ pentru mult mai dificila regiune verde-albastră a spectrului vizibil al luminii.

Țelul plasmonicii este să „comprime" lumina, astfel încât să se poată manipula obiecte la scară nanometrică, mai ales pe suprafața metalelor. Motivul pentru care metalele conduc electricitatea este acela că electronii sunt slab legați de atomii metalici, astfel încât se pot deplasa liber de-a lungul suprafeței rețelei cristaline a metalului. Electricitatea care circulă prin cablurile instalate în locuința dumneavoastră reprezintă curgerea lină a acestor electroni slab legați pe suprafața metalului. Dar, în anumite condiții, când fasciculul de lumină se ciocnește cu suprafața metalului, electronii pot vibra la unison cu fasciculul luminos inițial, creând mișcări ca de undă ale electronilor pe suprafața metalului (denumite plasmoni). Mai important este faptul că acești plasmoni pot fi comprimați, astfel încât să aibă aceeași frecvență ca fasciculul inițial (și, prin urmare să poarte aceeași informație), dar la o lungime de undă mult mai mică. În principiu, se pot apoi înghesui aceste unde comprimate pe nanofire. Ca și în cazul cristalelor fotonice, țelul final al plasmonicii este să creeze cipuri de computer folosind lumina, și nu electricitatea.

Grupul de la Cal Tech și-a construit metamaterialul pornind de la două straturi de argint, cu un izolator de siliciu-azot între ele (având o grosime de numai 50 nm), care acționa ca un „ghid de undă" menit să dirijeze direcția undelor plasmonice. Lumina laser pătrunde și iese din instalație prin intermediul a două fante tăiate în metamaterial. Analizând unghiurile la care lumina laser

este deviată la trecerea prin metamaterial, se poate verifica faptul că lumina este deviată datorită unui indice de refracție negativ.

VIITORUL METAMATERIALELOR

Progresul în domeniul metamaterialelor se va accelera în viitor pentru simplul motiv că există deja un interes acut în crearea de tranzistoare care să folosească fascicule de lumină în locul electricității. Prin urmare, cercetările legate de invizibilitate pot profita de pe urma actualelor cercetări legate de cristalele fotonice și de plasmonică pentru crearea unor înlocuitori ai cipurilor din siliciu. Deja sute de milioane de dolari sunt investiți în crearea unor înlocuitori pentru tehnologia bazată pe siliciu, iar cercetările privind metamaterialele vor beneficia de pe urma acestor eforturi în domeniul cercetării.

Cu atâtea descoperiri care apar în acest domeniu la fiecare câteva luni, nu e deloc surprinzător că unii fizicieni prevăd că, nu mai târziu de câteva decenii, din laboratoare va ieși un fel de scut practic, care să asigure invizibilitatea. De exemplu, în următorii câțiva ani, oamenii de știință sunt încredințați că vor fi în măsură să creeze metamateriale care să facă orice obiect totalmente invizibil pentru o frecvență din spectrul vizibil, cel puțin în două dimensiuni. Pentru asta, ar fi nevoie să se încorporeze nano-implanturi nu în șiruri regulate, ci în *pattern*-uri sofisticate, în așa fel încât lumina să fie deviată cu ușurință în jurul unui obiect.

În continuare, oamenii de știință vor trebui să creeze metamateriale care pot devia lumina în trei dimensiuni, nu doar pentru suprafețele plate,

bidimensionale. Fotolitografia a fost pusă la punct pentru realizarea cipurilor din siliciu, dar crearea metamaterialelor tridimensionale va necesita „stivuirea" cipurilor într-o manieră complexă.

Cu toate acestea, în momentul în care scutul de invizibilitate va fi în sfârșit creat, s-ar putea să fie un dispozitiv greoi. Mantia lui Harry Potter era făcută dintr-o țesătură subțire și flexibilă și îi făcea invizibili pe toți cei înfășurați în ea. Dar pentru ca acest lucru să fie posibil, indicele de refracție din interiorul mantiei ar fi trebuit să se modifice permanent după felurile complexe în care flutură, ceea ce este ineficace. Mai mult decât probabil, o adevărată „mantie" a invizibilității ar trebui să fie făcută dintr-un cilindru solid din metamateriale, cel puțin în stadiul inițial. În felul acesta, indicele de refracție poate fi fixat în interiorul cilindrului. (Versiunile mai avansate ar putea, în cele din urmă, să încorporeze metamateriale care să fie flexibile și, chiar dacă sunt deformate, să poată determina ca lumina să se deplaseze înăuntrul metamaterialelor pe traiectoria corectă. În felul acesta, oricine s-ar afla în interiorul mantiei s-ar bucura de o anumită flexibilitate a mișcării.)

Unii au și arătat o deficiență în scutul invizibilității: orice persoană aflată în interior n-ar putea să se uite în afară fără să devină vizibilă. Imaginați-vi-l pe Harry Potter complet invizibil cu excepția ochilor, care par să plutească în aer. Orice „vizoare" practicate pe mantia invizibilității ar fi clar vizibile din exterior. Dacă Harry Potter ar fi complet invizibil, atunci el ar sta ca și orb sub mantia sa. (O soluție posibilă la această problemă ar putea fi inserarea a două plăcuțe minuscule din sticlă în apropierea orificiilor pentru ochi. Aceste plăcuțe ar acționa ca niște „elemente de

descompunere a fasciculului", descompunând o porțiune minusculă a luminii care ajunge pe plăcuțe și apoi trimițând lumina în ochi. Așa încât, cea mai mare parte a luminii care ajunge la mantie ar ocoli-o, făcând persoana respectivă invizibilă, dar o cantitate minusculă de lumină fiind deviată către ochi.)

Oricât de descurajante sunt aceste dificultăți, oamenii de știință și inginerii sunt optimiști în privința faptului că în deceniile care urmează va putea fi construit un fel de scut al invizibilității.

INVIZIBILITATEA ȘI NANOTEHNOLOGIA

După cum am menționat anterior, cheia invizibilității ar putea fi nanotehnologia, cu alte cuvinte, capacitatea de a manipula structuri de dimensiuni atomice având diametrul de circa o miliardime de metru.

Nașterea nanotehnologiei a coincis cu o celebră conferință susținută în 1959 de către laureatul Premiului Nobel, Richard Feynman, în fața Societății Americane de Fizică, cu titlul ironic „E loc destul la fund". În acea conferință, el a speculat cu privire la cum ar putea să arate cele mai mici mașini, în concordanță cu legile cunoscute ale fizicii. El și-a dat seama că mașinile pot fi construite din ce în ce mai mici, până când ating distanțe atomice, după care atomii pot fi folosiți pentru construirea altor mașini. Mașini atomice precum scripeții, pârghiile și roțile se încadrau fără probleme în legile fizicii, a conchis el, cu toate că ar fi fost extrem de dificil de realizat.

Nanotehnologia a rămas în standby câțiva ani, deoarece manipularea atomilor individuali depășea

posibilitățile tehnologice ale epocii. Dar apoi fizicienii au făcut un mare pas înainte în 1981, odată cu inventarea microscopului cu efect de tunel (STM — *Scanning Tunneling Microscope*), care le-a adus Premiul Nobel pentru fizică savanților Gerd Binnig și Heinrich Rohrer, care lucrau la laboratoul IBM din Zürich.

Dintr-odată, fizicienii erau capabili să obțină „imagini" uluitoare ale atomilor individuali, aranjați exact ca în manualele de chimie, un lucru pe care criticii teoriei atomice îl considerau cândva imposibil. Devenea acum posibilă obținerea unor splendide fotografii ale atomilor aliniați într-un cristal. Formulele chimice folosite de oamenii de știință, cu o serie complexă de atomi „ambalați" într-o moleculă, puteau fi vizualizate cu ochiul liber. Mai mult, microscopul cu efect de tunel făcea posibilă manipularea atomilor individuali. De fapt, chiar inițialele „IBM" au fost scrise folosindu-se atomi individuali, creând senzație în lumea științifică. Oamenii de știință nu mai erau „orbi" atunci când manipulau atomii individuali, ci puteau să-i vadă cu adevărat și să se joace cu ei.

Microscopul cu efect de tunel este înșelător de simplu. Ca un ac de fonograf care scanează un disc, o sondă ascuțită este trecută încet pe deasupra materialului de analizat. (Vârful este atât de ascuțit, încât constă dintr-un singur atom.) O mică sarcină electrică este așezată pe sondă, iar un curent pornește din sondă, trecând prin material și ajunge la suprafața de dedesubt. Când sonda trece pe deasupra unui atom individual, cantitatea de curent care trece prin sondă variază, iar variațiile sunt înregistrate. Intensitatea curentului crește și scade când acul trece peste un atom, trasându-i, prin urmare, foarte amănunțit conturul. După multe treceri, reprezentând grafic fluctuațiile

de intensitate a curentului, se pot obține imagini foarte frumoase ale atomilor care alcătuiesc o rețea.

(Microscopul cu efect de tunel este posibil ca urmare a unei legi stranii din fizica cuantică. În mod normal, electronii nu au suficientă energie ca să treacă din sondă, prin substanță, până la suprafața de dedesubt. Dar datorită principiului de incertitudine, există o mică probabilitate ca electronii din curent să „tuneleze" sau să penetreze bariera, chiar dacă acest lucru e interzis de teoria newtoniană. Astfel, curentul care trece prin sondă este sensibil la minusculele efecte cuantice din material. Voi discuta efectele teoriei cuantice mai târziu, cu mai multe detalii.)

Sonda este, de asemenea, îndeajuns de sensibilă pentru a muta atomii de colo-colo, pentru a crea „mașini" simple din atomi individuali. Tehnologia este acum atât de avansată, încât un grup de atomi poate fi afișat pe ecranul unui computer și apoi, mișcând doar cursorul computerului, atomii pot fi mutați în orice direcție doriți. Puteți manipula zeci de atomi după bunul plac, ca și cum v-ați juca cu piesele unui joc Lego. Pe lângă „scrierea" literelor alfabetului cu ajutorul atomilor individuali, se pot crea jucării atomice, cum ar fi un abac creat din atomi individuali. Atomii sunt aranjați pe o suprafață cu fante verticale. În interiorul acestor fante verticale se pot introduce „mingiuțe" din carbon (având forma unor mingi de fotbal, dar alcătuite din atomi de carbon). Aceste mingi de carbon pot fi mutate în susul și în josul fiecărei fante, creând astfel un abac atomic.

De asemenea, e posibil să cioplim dispozitive atomice folosind fascicule de electroni. De exemplu, oamenii de știință de la Universitatea Cornell au făcut cea mai mică chitară din lume, una care e de douăzeci de ori mai mică

decât firul de păr uman, sculptată din siliciu cristalin. Are șase corzi, fiecare având grosimea de o sută de atomi, iar corzile pot fi ciupite folosindu-se un microscop de forță atomică. (Această chitară va reuși chiar să interpreteze muzică, dar frecvențele pe care le emite sunt mult deasupra gamei ce poate fi auzită de urechea omenească.)

În prezent, majoritatea acestor „nanomașini" sunt doar niște jucării. Încă nu au fost create mașini mai complicate, cu roți dințate și rulmenți. Dar mulți ingineri sunt încrezători că va veni vremea când vom fi în stare să producem mașini atomice adevărate. (Mașinile atomice se găsesc de fapt în natură. Celulele pot înota liber prin apă pentru că-și pot agita niște perișori foarte fini. Dar dacă se analizează articulația dintre perișor și celulă, se observă că aceasta e de fapt o mașină atomică, permițând perilor să se miște în toate direcțiile. Astfel, una dintre cheile de dezvoltare a nanotehnologiei este copierea naturii, care stăpânește arta mașinilor atomice de miliarde de ani.)

HOLOGRAMELE ȘI INVIZIBILITATEA

O altă cale de a face o persoană parțial invizibilă este să fotografiem decorul din spatele respectivei persoane și apoi să proiectăm imaginea de fundal direct pe hainele persoanei sau pe un ecran situat în fața lui. Văzut din față, pare că persoana a devenit transparentă, că lumina a reușit cumva să treacă prin corpul acesteia.

Naoki Kawakami, de la Laboratorul Tachi al Universității din Tokyo, a lucrat din greu la acest proces denumit „camuflaj optic". El spune: „Ar putea fi folosit de către piloți, ca să vadă prin podeaua carlingii pista de

aterizare de mai jos, sau de către șoferii care încearcă să vadă prin portbagaj atunci când parchează mașina". „Mantia" lui Kawakami este acoperită cu mărgeluțe minuscule care reflectă lumina și acționează ca un ecran de cinematograf. O cameră video filmează ce se află în spatele mantiei. Apoi, această imagine ajunge la un videoproiector care luminează partea din față a mantiei, așa încât să dea impresia că lumina a trecut prin persoană.

Prototipuri ale mantiei de camuflaj optic chiar există în laboratoare. Dacă ne uităm direct la persoana care poartă această mantie asemănătoare unui ecran de proiecție, avem impresia că persoana a dispărut, deoarece tot ce vedem este imaginea din spatele persoanei. Dar dacă ne mișcăm puțin ochii, imaginea de pe mantie nu se schimbă, ceea ce ne spune că e un fals. Un camuflaj optic mai realist ar trebui să creeze iluzia unei imagini tridimensionale. Pentru asta, ar fi nevoie de holograme.

Holograma este o imagine 3 D creată cu ajutorul laserelor (ca imaginea prințesei Leia din *Războiul stelelor*). O persoană poate fi făcută invizibilă dacă decorul de fundal este filmat cu o cameră holografică specială, iar imaginea holografică ar fi apoi proiectată prin intermediul unui ecran holografic special așezat în fața persoanei. Un observator situat în fața acelei persoane ar vedea ecranul holografic, conținând imaginea 3 D a decorului de fundal, mai puțin persoana. S-ar crea senzația că persoana a dispărut. În locul acelei persoane s-ar afla o imagine 3 D precisă a decorului de fundal. Chiar dacă ne mișcăm ochii, nu am fi în stare să ne dăm seama că imaginea pe care o vedem e un fals.

Aceste imagini 3 D sunt posibile deoarece lumina laser este „coerentă", cu alte cuvinte, toate undele vibrează la unison. Hologramele sunt produse prin divizarea

în două a unui fascicul laser coerent. Jumătate din fascicul impresionează un film fotografic. Cealaltă jumătate iluminează un obiect, ricoșează din acesta și apoi ajunge pe același film fotografic. Când cele două jumătăți de fascicul interferează pe film, este creat un *pattern* de interferență care codifică întreaga informație din unda 3 D inițială. Filmul, atunci când este developat, nu arată prea mult, doar o structură complexă, ca un păienjeniș de linii și de rotocoale. Dar când un fascicul laser este proiectat pe acest film, o replică tridimensională exactă a obiectului inițial apare dintr-odată, ca prin magie.

Totuși, problemele tehnice legate de invizibilitatea holografică sunt formidabile. Una dintre dificultăți este crearea unei camere holografice capabile să preia 30 de cadre pe secundă. O altă problemă este depozitarea și prelucrarea întregii informații. În sfârșit, ar fi nevoie să se proiecteze această imagine pe un ecran pentru ca imaginea să arate realist.

INVIZIBILITATEA PRIN INTERMEDIUL CELEI DE-A PATRA DIMENSIUNI

Ar trebui să menționăm că o modalitate și mai sofisticată de a deveni invizibil a fost menționată de către H. G. Wells în *Omul invizibil* și presupunea să se folosească puterea celei de-a patra dimensiuni. (Într-o altă secțiune a cărții, voi discuta mai amănunțit existența posibilă a unor dimensiuni superioare.) Am putea oare să ne părăsim universul tridimensional și să plutim deasupra lui, din perspectiva unei a patra dimensiuni? Ca un fluture tridimensional care plutește deasupra unei foi de hârtie

bidimensionale, noi am fi invizibili pentru toți cei care trăiesc în universul de sub noi. O problemă legată de această idee este aceea că încă nu s-a dovedit existența unor dimensiuni superioare. Mai mult, o călătorie ipotetică într-o dimensiune superioară ar necesita energii care depășesc cu mult orice am putea obține cu tehnologia noastră actuală. Ca modalitate viabilă de a obține invizibilitatea, metoda aceasta ne depășește fără doar și poate cunoștințele și posibilitățile de azi.

Având în vedere pașii uriași făcuți până acum în atingerea invizibilității, aceasta se încadrează în mod clar în categoria imposibilităților de clasa I. În următoarele decenii — sau măcar în acest secol — o formă de invizibilitate s-ar putea să devină larg răspândită.

IMPOSIBILITĂȚI DE CLASA I

3. FAZERELE ȘI STELELE MORȚII

Radioul nu are viitor. Mașinile zburătoare mai grele decât aerul sunt imposibile. Razele X se vor dovedi a fi o farsă.

LORDUL KELVIN, FIZICIAN, 1899

Bomba (atomică) nu va exploda niciodată.
Vorbesc în calitate de expert în explozibili.

AMIRALUL WILLIAM LEAHY

4-3-2-1, foc!

Steaua Morții este o armă colosală, de dimensiunea unui întreg satelit natural. Expediată direct asupra neajutoratei planete Alderaan, lumea prințesei Leia, Steaua Morții o incinerează, făcând-o să erupă într-o explozie titanică, în urma căreia rămășițele planetare au fost împrăștiate în întreg sistemul solar. Strigătul de suferință al miliardului de suflete a creat o tulburare în cadrul Forței, resimțită în întreaga galaxie.

Dar este cu adevărat posibilă această Stea a Morții din saga *Războiul stelelor*? Ar putea o astfel de armă să canalizeze o baterie de tunuri laser pentru a vaporiza o întreagă planetă? Dar celebrele săbii luminoase mânuite de Luke Skywalker și Darth Vader, care pot secționa un blindaj de oțel, deși sunt făcute din fascicule de lumină? Sunt armele cu raze, ca fazerele din *Star Trek*, niște arme viabile pentru viitoarele generații ale forțelor de ordine?

În *Războiul stelelor*, milioane de spectatori au fost fascinați de aceste efecte speciale originale și uluitoare,

dar s-au găsit și critici care să le analizeze și să afirme că toate acestea sunt bune pentru distracție, dar că sunt fără doar și poate imposibile. Armele cu radiații de dimensiunea unei luni, care să pulverizeze o planetă, sunt niște ciudățenii, așa cum sunt și săbiile făcute din fascicule solidificate de lumină, chiar și pentru o galaxie situată la foarte mare distanță, susțineau ei în cor. De bună seamă că George Lucas, maestrul efectelor speciale, s-a lăsat purtat de val.

Deși pare greu de crezut, adevărul e că nu există nicio limită fizică pentru cantitatea de energie brută care poate fi „înghesuită" într-un fascicul de lumină. Nu există nicio lege a fizicii care să împiedice crearea unei Stele a Morții sau a săbiilor de lumină. De fapt, fascicule de radiații gama capabile să pulverizeze o planetă există în natură. Explozia de radiație titanică de la o sursă de radiații gama situată în depărtările spațiului creează o explozie depășită ca proporții doar de Big Bang. Orice planetă care are ghinionul să se afle în calea unei astfel de explozii va fi într-adevăr pârjolită sau pulverizată.

ARMELE CU RAZE DE-A LUNGUL ISTORIEI

Visul de a stăpâni fasciculele de energie nu este, de fapt, nou, dar își are rădăcinile în mitologia și folclorul antic. Zeul grec Zeus era cunoscut pentru trăsnetele pe care le trimitea asupra muritorilor. Zeul norvegian Thor avea un ciocan magic, Mjolnir, cu care putea expedia trăsnete, în vreme ce zeul hindus Indra era cunoscut pentru sulița lui magică, din care trimitea fascicule de energie.

Ideea de a utiliza razele ca arme practice își are probabil originea în opera marelui matematician grec

Arhimede, poate cel mai mare om de știință din întreaga Antichitate, cel care a descoperit o versiune incipientă a calculului infinitezimal cu două mii de ani în urmă, înaintea lui Newton și Leibniz. Într-o legendară bătălie împotriva forțelor romane conduse de generalul Marcellus, în timpul celui de-al doilea război punic din anul 214 î. Hr., Arhimede a ajutat la apărarea regatului Siracusei și se crede că ar fi creat niște baterii mari de reflectoare solare, care au concentrat razele soarelui asupra pânzelor corăbiilor inamice, făcându-le să ia foc. (Nici astăzi oamenii de știință nu s-au pus de acord dacă aceasta ar putea fi o armă practică, funcțională; diferite echipe de oameni de știință au încercat să duplice această ispravă, obținând rezultate diferite.)

Armele cu radiații au năvălit pe scena science-fiction în 1889, odată cu romanul clasic al lui H. G. Wells, *Războiul lumilor*, în care marțienii devastează orașe întregi, expediind fascicule de energie calorică din armele montate pe trepiede. În timpul celui de-al Doilea Război Mondial, naziștii, mereu dornici să exploateze ultimele descoperiri tehnologice pentru a cuceri lumea, au experimentat diferite forme de arme cu radiații, inclusiv un dispozitiv sonic, bazat pe oglinzi parabolice, care putea concentra fascicule sonore intense.[6]

Armele create din fascicule de lumină concentrate au pătruns în imaginația colectivă odată cu filmul *Goldfinger* din seria James Bond, prima producție hollywoodiană în care apare un laser.[7] (Legendarul spion britanic era imobilizat cu niște curele pe o masă, în timp ce un fascicul laser de mare putere avansa încet, topind masa dintre picioarele lui și amenințând să-l taie în două.)

Inițial, fizicienii au respins disprețuitor ideea armelor cu radiații prezentate în romanul lui Wells,

6 De asemenea, naziștii au trimis o echipă și în India, ca să investigheze unele afirmații mitologice din Antichitate ale hindușilor (similar cu subiectul filmului *Căutătorii Arcei dispărute* din seria Indiana Jones). Naziștii erau interesați de scrierile epopeii Mahabharata, care descriau arme stranii, deosebit de puternice, inclusiv nave zburătoare.
7 Astfel de filme au contribuit totodată la răspândirea câtorva idei false cu privire la lasere.

deoarece acestea ar fi violat legile opticii. Conform ecuațiilor lui Maxwell, lumina pe care o vedem în jurul nostru se dispersează rapid și este incoerentă (adică, este un amestec de unde de diferite frecvențe și faze). Cândva, se credea că sunt imposibil de creat astfel de fascicule de lumină coerente, concentrate și uniforme, așa cum sunt fasciculele laser.

REVOLUȚIA CUANTICĂ

Toate acestea s-au schimbat odată cu apariția teoriei cuantice. La începutul secolului al XX-lea era limpede că, deși legile lui Newton și ecuațiile lui Maxwell reușeau să explice cu mare succes mișcarea planetelor și comportamentul luminii, nu puteau să explice o întreagă clasă de fenomene. Ele eșuau rușinos în a explica de ce materialele conduc electricitatea, de ce metalele se topesc la anumite temperaturi, de ce gazele emit lumină când sunt încălzite, de ce anumite substanțe devin supraconductoare la temperaturi scăzute — toate acestea necesitând o înțelegere a dinamicii interne a atomilor.

În 1900, fizicianul german Max Planck a propus teoria conform căreia energia nu este continuă, așa cum credea Newton, ci apare în pachete mici, discrete, denumite „cuante". Apoi, în 1905, Einstein a postulat că lumina constă din aceste minuscule pachete discrete (sau cuante), care ulterior au fost denumite „fotoni". Cu această idee puternică, dar simplă, Einstein a fost în măsură să explice efectul fotoelectric, și anume, de ce metalele emit electroni atunci când asupra lor este trimis un fascicul luminos. Astăzi, efectul fotoelectric și fotonii constituie baza pentru televizoare, lasere, celule solare și o mare parte din

---

Fasciculele laser sunt de fapt invizibile, afară de situația în care sunt difuzate de către particulele din aer. Așa încât atunci când Tom Cruise a trebuit să navigheze printr-un labirint de fascicule laser în *Misiune imposibilă*, rețeaua de fascicule laser ar fi trebuit să fie invizibilă, nu roșie. De asemenea, în multe lupte în care se folosesc arme cu radiații,

electronica modernă. (Teoria lui Einstein privind fotonii a fost atât de revoluționară, încât până și Max Planck, de regulă un mare susținător al lui Einstein, nu l-a crezut la început. El a spus: „Faptul că uneori și-a ratat ținta... ca, de exemplu, în ipoteza lui privind cuantele de lumină, nu i se poate cu adevărat reproșa".[8])

Apoi, în 1913, fizicianul danez Niels Bohr ne-a oferit o imagine cu totul nouă a atomului, una care semăna cu un sistem solar miniatural. Dar, spre deosebire de sistemul solar din spațiu, electronii se pot deplasa doar pe anumite orbite discrete sau pe așa numitele „pături electronice" în jurul nucleului. Când electronii „sar" de pe o pătură pe o alta de energie mai mică, emit un foton de energie. Când un electron absoarbe un foton de o anumită energie, „sare" pe o pătură superioară, caracterizată de o energie mai mare.

O teorie atomică aproape completă a prins contur în anul 1925, odată cu apariția mecanicii cuantice și a operei revoluționare a unor fizicieni precum Erwin Schrödinger, Werner Heisenberg și mulți alții. Conform teoriei cuantice, electronul este o particulă, care are asociată o undă, ceea ce-i conferă proprietăți duale, de undă și de particulă. Unda se supune unei ecuații, denumită ecuația de undă a lui Schrödinger, care permitea să se calculeze proprietățile atomilor, inclusiv toate „salturile" postulate de către Bohr.

Înainte de 1925, atomii erau considerați niște obiecte misterioase despre care mulți, precum filosoful Ernst Mach, credeau că nici nu ar exista. După 1925, s-a putut efectiv vizualiza în profunzime dinamica atomului, putându-i-se chiar prezice proprietățile. În mod uluitor, asta însemna că, dacă aveai un calculator îndeajuns de

---

spectatorii pot vedea efectiv pulsurile laser cum străbat încăperea, lucru imposibil, căci radiația laser se deplasează cu viteza luminii, de trei sute de mii de kilometri pe secundă.
8 Asimov și Schulman, p. 124

puternic, puteai să obții proprietățile elementelor chimice pornind de la legile teoriei cuantice. În același fel în care fizicienii newtonieni puteau să calculeze mișcările tuturor corpurilor cerești din univers dacă ar fi avut o mașină de calcul îndeajuns de puternică, fizicienii cuantici susțineau că, în principiu, ar putea să calculeze toate proprietățile elementelor chimice din univers. Dacă am avea un calculator îndeajuns de puternic, s-ar putea scrie, de asemenea, funcția de undă pentru întreaga ființă omenească.

MASERE ȘI LASERE

În 1953, profesorul Charles Townes și colegii lui de la Universitatea California, din Berkeley au obținut prima radiație coerentă sub forma microundelor. A fost botezată „maser" (de la microwave amplification through stimulated emission of radiation). În cele din urmă, Charles Townes și doi fizicieni ruși, Nikolai Basov și Alexandr Prohorov, vor primi Premiul Nobel în 1964. Curând, rezultatele obținute de aceștia au fost extinse la lumina vizibilă, dând naștere laserului. (În orice caz, fazerul este un dispozitiv fictiv popularizat în serialul *Star Trek*.)

În cazul laserului, se începe cu un mediu special, care va transmite fasciculul laser, cum ar fi un gaz special, un cristal sau o diodă. După aceea, trebuie pompată energie din exterior în mediul respectiv, sub formă de electricitate, unde radio, lumină sau reacții chimice. Influxul brusc de energie accelerează atomii mediului, astfel încât electronii absorb energia și apoi sar pe orbitele electronice exterioare.

În această stare excitată, mediul este instabil. Dacă în continuare se trimite un fascicul luminos prin mediul respectiv, fotonii vor lovi fiecare atom, făcând

ca acesta să coboare pe un nivel energetic inferior, prin eliberarea și mai multor fotoni în cadrul acestui proces. Aceasta face ca și mai mulți electroni să emită fotoni, creând în cele din urmă o cascadă de atomi emițători, cu trilioane și trilioane de fotoni eliberați brusc în fascicul. Esențial este ca, pentru anumite substanțe, când se produce această avalanșă de fotoni, toți fotonii să vibreze la unison, cu alte cuvinte, să fie coerenți.

(Să ne imaginăm un șir de piese de domino. Piesele aflate în starea cea mai joasă de energie stau la orizontală, pe masă. Piesele aflate în stare de energie înaltă, excitată, stau în poziție verticală. Dacă împingem o piesă de domino, putem declanșa o cădere bruscă a întregii energii, exact ca într-un fascicul laser.)

Doar anumite materiale vor avea comportament de laser, cu alte cuvinte, doar în materiale speciale se întâmplă ca, atunci când un foton lovește un atom excitat, să fie emis un foton care să fie coerent cu fotonul originar. Ca urmare a acestei coerențe, în acest potop de fotoni, toți fotonii vibrează la unison, creând un fascicul laser de grosimea unui creion. (Contrar legendei, un fascicul laser nu rămâne veșnic la grosimea unui creion. Un fascicul laser expediat spre lună, de exemplu, se va lăți treptat, până când va avea o amprentă cu diametru de câțiva kilometri.)

Un laser cu gaz simplu constă dintr-un tub umplut cu heliu și neon. Când un curent electric este trimis prin tub, atomii sunt energizați. Apoi, dacă energia este eliberată brusc, este produs un fascicul de lumină coerentă. Fasciculul este amplificat cu ajutorul a două oglinzi, câte una la fiecare capăt, astfel încât fasciculul să ricoșeze de la una la cealaltă. O oglindă este complet opacă, dar cealaltă permite

ca o cantitate infimă de lumină să „scape" la fiecare trecere, producând un fascicul care iese în afară la unul din capetele tubului.

Astăzi, laserele pot fi întâlnite pretutindeni, de la casele de marcat din supermarketuri, la cablurile din fibre optice pentru internet, continuând cu imprimantele laser și CD-playere, și până la computerele moderne. De asemenea, sunt folosite în chirurgia oftalmică, pentru îndepărtarea tatuajelor și chiar în saloanele de cosmetică. În 2004, în întreaga lume s-au vândut lasere în valoare de peste 5,4 miliarde de dolari.

TIPURI DE LASERE ȘI FUZIUNE

Aproape zilnic sunt descoperite noi lasere, pe măsură ce sunt găsite noi materiale cu proprietăți adecvate și sunt descoperite noi modalități de pompare a energiei în mediu.

Întrebarea care se pune e dacă vreuna dintre aceste tehnologii se poate folosi pentru construirea unei arme cu raze sau a unei săbii-laser? Este posibilă construirea unui laser îndeajuns de puternic ca să energizeze o Stea a Morții? Astăzi, există o varietate năucitoare de lasere, în funcție de materialul de bază folosit și de energia injectată în material (de exemplu, electricitate, un fascicul de lumină intens sau chiar o explozie chimică). Printre acestea se numără:

• *Laserele cu gaz.* Acestea includ laserele cu heliu-neon, care sunt foarte răspândite, creând un fascicul roșu familiar. Acestea sunt energizate cu unde radio sau cu

electricitate. Laserele cu heliu-neon sunt destul de slabe. Dar laserele cu dioxid de carbon pot fi folosite pentru polizare, tăiere și sudură în industria grea și pot crea fascicule de putere uriașă care sunt total invizibile.

• *Laserele chimice.* Aceste lasere puternice sunt alimentate energetic cu ajutorul unei reacții chimice, cum ar fi arderea unui jet de etilen și de trifluorură de azot, sau NF_3. Astfel de lasere sunt îndeajuns de puternice pentru a fi folosite în aplicații militare. Laserele chimice sunt folosite de către armata Statelor Unite în aer și la sol, unde pot produce milioane de wați putere și sunt destinate să doboare din zbor proiectilele cu rază scurtă de acțiune.

• *Laserele excimer.* Aceste lasere sunt și ele alimentate cu ajutorul unor reacții chimice, implicând adeseori un gaz inert (de exemplu, argon, kripton sau xenon) și fluor sau clor. Ele produc lumină ultravioletă și pot fi folosite pentru gravarea tranzistoarelor minuscule pe cipuri în industria semiconductorilor sau pentru operații delicate de chirurgie oftalmică, așa-numitele LASIK (Laser-Assisted in Situ Keratomileusis).

• *Laserele cu mediu solid.* Primul laser funcțional construit vreodată a constat dintr-un cristal de rubin și safir cu crom. O mare varietate de cristale pot să susțină un fascicul laser, în conjuncție cu ytriul, holmiul, tuliul și alte substanțe chimice. Ele pot produce pulsuri ultrascurte de mare energie de lumină laser.

• *Lasere cu semiconductori.* Diodele, care sunt utilizate pe scară largă în industria semiconductoarelor, pot produce fascicule intense folosite în industrie, pentru tăiere și sudură. Ele mai sunt folosite și în supermarketuri, pentru citirea codurilor de bare de pe produsele cumpărate.

• *Lasere cu coloranți*. Aceste lasere folosesc drept mediu coloranți organici. Sunt deosebit de utile în crearea unor pulsuri ultrascurte de lumină, cu o durată de doar o trilionime de secundă.

LASERE ȘI ARME CU RAZE?

Dată fiind marea varietate a laserelor comerciale și forța laserelor militare, de ce nu avem arme cu raze gata de a fi folosite în luptele din viața reală? În filmele de science-fiction, armele cu raze par să fie un element nelipsit din armamentul utilizat. De ce nu facem eforturi ca să le creăm?

Răspunsul simplu este dat de absența unui pachet energetic portabil. Ar fi nevoie de pachete energetice miniaturale care să conțină puterea unui centrale electrice uriașe și totuși să încapă în palmă. În prezent, singura modalitate de a stăpâni puterea unei centrale electrice comerciale mari este să construiești una. În momentul de față, cel mai mic dispozitiv portabil militar, care să poată conține imense cantități de energie, este bomba cu hidrogen miniaturală, care ar putea să vă distrugă atât pe dumneavoastră, cât și ținta propusă.

Există o a doua problemă, auxiliară — stabilitatea materialului de bază. Teoretic, nu există nicio limită pentru energia care poate fi concentrată într-un laser. Problema e că materialul laser dintr-o armă cu raze portabilă nu ar fi stabil. Laserele cu cristal, de exemplu, se vor supraîncălzi și vor crăpa dacă sunt alimentate cu prea multă energie. De aici reiese că, pentru a crea un laser extrem de puternic, care să fie capabil să vaporizeze un obiect sau să neutralizeze un inamic, s-ar putea să fie nevoie să folosim puterea unei explozii. Într-o astfel de situație, stabilitatea

materialului-laser nu ar mai constitui o limitare, deoarece un asemenea laser ar fi folosit doar o dată.

Din cauza problemelor ridicate de crearea unui pachet energetic portabil și a unui material-laser stabil, construirea unui pistol cu raze nu este posibilă cu ajutorul tehnologiei de astăzi. Armele cu raze sunt posibile, dar numai dacă sunt conectate prin intermediul unui cablu la o sursă de energie. Sau, probabil, cu ajutorul nanotehnologiei, am putea fi capabili să creăm baterii miniaturale care înmagazinează sau generează suficientă energie pentru a crea emisiile intense de energie presupuse de un dispozitiv portabil. În prezent, după cum am văzut, nanotehnologia este într-o fază destul de primitivă. La nivel atomic, oamenii de știință au fost capabili să creeze dispozitive atomice ingenioase, dar nepractice, cum ar fi abacul atomic și chitara atomică. Dar ne putem gândi că, spre sfârșitul acestui secol sau în următorul, nanotehnologia ar putea fi capabilă să ne dea baterii miniaturale care să fie capabile să înmagazineze asemenea cantități fabuloase de energie.

Săbiile luminoase suferă de o problemă similară. Când filmul *Războiul stelelor* a fost lansat în anii 1970, iar săbiile luminoase au ajuns printre cele mai bine vândute jucării pentru copii, mulți critici au arătat că un asemenea dispozitiv nu ar putea fi construit niciodată. Mai întâi, este imposibil să solidifici lumina. Lumina călătorește întotdeauna cu viteza luminii; nu poate fi făcută solidă. În al doilea rând, fasciculele luminoase nu se termină undeva, în aer, ca în cazul săbiilor luminoase din film. Fasciculele de lumină continuă să călătorească la nesfârșit, iar o sabie luminoasă adevărată s-ar întinde până spre cer.

La drept vorbind, există o cale de a construi un gen de sabie luminoasă folosind plasmele sau un gaz

ionizat supraîncălzit. Plasmele pot fi aduse la o temperatură suficient de mare pentru a lumina în întuneric și, de asemenea, să poată tăia oțelul. O sabie luminoasă din plasmă va consta dintr-o tijă subțire, goală pe dinăuntru, care iese dintr-un mâner, asemenea unui telescop. În interiorul tubului, vor fi eliberate plasme fierbinți care apoi vor ieși prin niște mici orificii plasate în mod regulat de-a lungul tijei. Când plasma iese din mâner, în lungul tijei și prin orificii, va crea un tub lung, luminos, de gaz extrem de fierbinte, suficient ca să topească oțelul. Acest dispozitiv este uneori denumit torță cu plasmă.

Așadar, este posibil să se creeze un dispozitiv de mare energie, care să semene cu o sabie luminoasă. Dar la fel ca și la armele cu raze, am avea nevoie de un pachet energetic portabil. Ori va fi nevoie de niște cabluri lungi la care să conectăm sabia luminoasă de o sursă de energie, ori va trebui să creăm, cu ajutorul nanotehnologiei, o sursă energetică miniaturală care să poată furniza cantități uriașe de energie.

Așadar, deși armele cu raze și săbiile luminoase ar putea fi create sub o anumită formă astăzi, armele portabile întâlnite în filmele de science-fiction depășesc tehnologia noastră actuală. Dar mai târziu, în acest secol sau în următorul, cu noile progrese din știința materialelor și din nanotehnologie, o formă de armă cu radiații ar putea fi dezvoltată, ceea ce ar face din ea o imposibilitate de Clasa I.

ENERGIE PENTRU O STEA A MORȚII

Pentru a crea o Stea a Morții capabilă să distrugă o întreagă planetă și să terorizeze o galaxie, așa cum e descrisă în *Războiul stelelor*, ar fi nevoie să se creeze cel mai

puternic laser conceput vreodată. În prezent, unele dintre cele mai puternice lasere de pe Pământ sunt folosite pentru a dezvolta temperaturi ce pot fi întâlnite doar în centrul stelelor. Sub forma unor reactoare de fuziune, s-ar putea ca, într-o bună zi, energia stelelor să poată fi stăpânită pe Pământ.

Mașinile pe bază de fuziune încearcă să imite ceea ce se întâmplă în spațiul cosmic atunci când ia naștere o stea. O stea începe ca un glob uriaș amorf din hidrogen în stare gazoasă, până când gravitația comprimă gazul și, prin urmare, îl încălzește; temperaturile ating în cele din urmă valori astronomice. De exemplu, adânc, în nucleul unei stele, temperaturile pot atinge valori cuprinse între 50 de milioane și 100 de milioane de grade, îndeajuns de mari pentru a face ca nucleele de hidrogen să se ciocnească între ele, creând nuclee de heliu și o explozie energetică. Fuziunea hidrogenului în heliu, în urma căreia o părticică de masă este convertită în energia explozivă a unei stele prin intermediul celebrei ecuații a lui Einstein $E = mc^2$, este sursa energetică a stelelor. Există două căi prin care oamenii de știință încearcă astăzi să realizeze fuziunea pe Terra. Amândouă s-au dovedit mult mai dificil de pus la punct decât ar fi fost de așteptat.

IZOLARE INERȚIALĂ PENTRU FUZIUNE

Prima metodă se numește „izolare inerțială“ și folosește cele mai puternice lasere de pe Pământ pentru a re-crea o fărâmă de soare în laborator. Un laser cu mediu solid cu sticlă din neodim este cât se poate de adecvat pentru a duplica temperaturile uriașe ce pot fi întâlnite

doar în nucleul unei stele. Aceste sisteme de lasere au dimensiunile unei fabrici mari și conțin o baterie de lasere care emite un șir de fascicule paralele de-a lungul unui tunel. Aceste fascicule laser de mare putere lovesc apoi o serie de oglinzi mici dispuse în jurul unei sfere; oglinzile focalizează fasciculele laser uniform asupra unei pastile minuscule, bogate în hidrogen (făcută din substanțe precum deuteriura de litiu, ingredientul activ al bombei cu hidrogen). Pastila are de obicei dimensiunea unui vârf de ac și cântărește doar 10 miligrame.

Rafala de lumină laser incinerează suprafața pastilei, provocând vaporizarea suprafeței și comprimarea pastilei. Când pastila se comprimă, este creată o undă de șoc care ajunge în centrul pastilei, ridicând temperatura la câteva milioane de grade, suficient ca să provoace fuzionarea nucleelor de hidrogen în heliu. Temperaturile și presiunile sunt atât de astronomice, încât „criteriul lui Lawson" este îndeplinit, fiind vorba despre același criteriu care este satisfăcut într-o bombă cu hidrogen și în nucleul stelelor. (Criteriul lui Lawson stabilește că, pentru a declanșa procesul de fuziune într-o bombă cu hidrogen, într-o stea sau într-o instalație de fuziune, trebuie atinse anumite domenii de temperaturi, de densitate și de durată a izolării.)

Într-un proces de izolare inerțială, sunt eliberate cantități uriașe de energie, inclusiv neutroni. (Deuteriura de litiu poate atinge temperaturi de 100 de milioane de grade și o densitate de douăzeci de ori mai mare decât cea a plumbului.) O rafală de neutroni este apoi emisă de către pastilă, iar neutronii lovesc o pătură sferică de material care înconjoară camera, astfel încât pătura este încălzită. În continuare, pătura încălzită fierbe apa, iar aburul poate fi folosit pentru a acționa o turbină și a produce electricitate.

Problema totuși constă în a fi în stare să concentrezi în mod uniform o putere atât de intensă pe o pastilă sferică minusculă. Prima încercare serioasă de a crea fuziunea prin laser a fost laserul Shiva, un sistem de douăzeci de fascicule laser construit la Laboratorul Național Lawrence Livermore (LLNL) din California, care a început să funcționeze în 1978. (Shiva este zeița hindusă cu brațe multiple, pe care sistemul de lasere încearcă s-o imite.) Performanțele sistemului de lasere Shiva au fost dezamăgitoare, dar suficiente ca să demonstreze că fuziunea cu ajutorul laserului poate avea loc, din punct de vedere tehnic. Sistemul de lasere Shiva a fost ulterior înlocuit de laserul Nova, având o energie de zece ori mai mare decât Shiva. Numai că nici laserul Nova nu a reușit să realizeze aprinderea corespunzătoare a pastilelor. Cu toate acestea, el a netezit calea pentru cercetările curente de la Facilitatea de Igniție Națională (NIF), a cărei construcție a început în 1997, la LLNL.

NIF, care trebuie să fie operațional în 2009, este o instalație monstruoasă, ce constă dintr-o baterie cu 192 de fascicule laser, înmagazinând o capacitate imensă de 700 de trilioane de wați putere (capacitate a aproximativ 700 000 de centrale nucleare puternice, concentrate într-o singură explozie de energie). Este cel mai performant sistem laser proiectat să atingă aprinderea totală a pastilelor îmbogățite cu hidrogen. (Criticii au atras atenția asupra evidentei utilizări în scopuri militare, din moment ce poate simula detonarea unei bombe cu hidrogen și poate face posibilă crearea unei noi arme nucleare, bomba cu fuziune în stare pură, care nu necesită o bombă atomică cu uraniu sau plutoniu pentru a declanșa procesul de fuziune.)

Dar chiar și instalația de fuziune cu laser NIF, conținând cele mai puternice lasere de pe Pământ, nu poate nici măcar începe să aproximeze forța devastatoare a Stelei Morții din *Războiul stelelor*. Pentru a construi un astfel de dispozitiv, trebuie să căutăm alte surse de energie.

IZOLAREA MAGNETICĂ PENTRU FUZIUNE

A doua metodă pe care oamenii de știință ar putea s-o folosească pentru a energiza o Stea a Morții este denumită „izolare magnetică", un proces în care o plasmă fierbinte de hidrogen este izolată între limitele de acțiune ale unui câmp magnetic. De fapt, această metodă ar putea furniza prototipul pentru primele reactoare de fuziune comerciale. În prezent, cel mai avansat proiect de fuziune de acest tip este Reactorul Experimental Termonuclear Internațional (ITER). În 2006, o coaliție de națiuni (incluzând statele din Uniunea Europeană, Statele Unite, China, Japonia, Coreea, Rusia și India) a decis să construiască ITER în Cadarache, în sudul Franței. Acesta este proiectat să încălzească hidrogenul până la 100 de milioane de grade. Ar putea deveni primul reactor de fuziune din istorie care să genereze mai multă energie decât consumă. Este destinat să genereze 500 de megawați de energie timp de 500 de secunde (recordul actual este de 16 megawați de putere timp de 1 secundă). ITER ar trebui să genereze prima plasmă în 2016 și să devină complet operațional în 2022. Cu un total al costurilor de 12 miliarde de dolari, este al treilea cel mai costisitor proiect științific din istorie (după Proiectul Manhattan și Stația Spațială Internațională).

ITER arată ca un toroid imens, în interiorul căruia circulă hidrogenul în stare gazoasă, iar în jurul suprafeței sunt înfășurate bobine uriașe de sârmă. Bobinele sunt răcite până la punctul la care devin supraconductoare, moment în care sunt alimentate cu o imensă cantitate de energie electrică, creându-se astfel un câmp magnetic care izolează și reține plasma în interiorul „toroidului". Când înăuntrul toroidului este aplicat un curent electric, gazul este încălzit până la temperaturi stelare.

Motivul pentru care oamenii de știință sunt atât de entuziasmați de ITER este perspectiva de a crea o sursă de energie ieftină. Combustibilul necesar pentru reactoarele cu fuziune este apa de mare obișnuită, care e bogată în hidrogen. Cel puțin pe hârtie, fuziunea ar putea să ne asigure o sursă inepuizabilă și ieftină de energie.

Atunci, de ce nu avem în acest moment reactoare de fuziune? De ce a fost nevoie de atâtea decenii pentru a înregistra niște progrese, după ce procesul de fuziune a fost descris și proiectat încă din anii 1950? Problema a constituit-o dificultatea extraordinară de a comprima combustibilul hidrogen într-o manieră uniformă. În stele, gravitația comprimă hidrogenul gazos într-o sferă perfectă, în așa fel încât gazul este încălzit uniform și curat.

În fuziunea cu laser NIF, fasciculele concentrice de lumină laser care incinerează suprafața pastilei trebuie să fie perfect uniforme și este extrem de dificil să se atingă această uniformitate. În instalațiile de izolare magnetică, câmpurile magnetice au atât poli nord, cât și poli sud; prin urmare, comprimarea uniformă a gazului într-o sferă este extrem de dificilă. Cel mai bun lucru pe care-l putem face este să creăm un câmp magnetic în formă de toroid. Dar comprimarea gazului seamănă cu strângerea unui balon.

Ori de câte ori strângi balonul la un capăt, aerul se mută și balonul se umflă altundeva. Să strângi balonul uniform din toate direcțiile simultan e o provocare dificilă. Gazul fierbinte se scurge, de obicei, din sticla magnetică, atingând în cele din urmă pereții reactorului și punând capăt procesului de fuziune. Iată de ce a fost atât de dificil să se comprime hidrogenul mai mult de o secundă.

Spre deosebire de centralele electrice nucleare actuale, bazate pe procesul de fisiune, un reactor cu fuziune nu va crea mari cantități de deșeuri nucleare. (Fiecare centrală tradițională pe bază de fisiune produce anual 30 de tone de reziduu nuclear extrem de radioactiv. Prin comparație, reziduul nuclear creat de o instalație de fuziune va consta în principal din oțelul radioactiv rămas după ce reactorul este finalmente scos din funcțiune.)

Fuziunea nu va rezolva complet criza energetică a Pământului în viitorul apropiat; Pierre-Gilles de Gennes, francezul laureat al Premiului Nobel pentru fizică, a zis: „Spunem că vom pune soarele într-o cutie. Ideea e simpatică. Problema e că nu știm cum să facem acea cutie". Dar dacă totul merge bine, cercetătorii speră că, în decurs de patruzeci de ani, ITER ar putea netezi drumul spre aducerea energiei de fuziune în domeniul comercial, adică să fie o energie care să furnizeze electricitate pentru locuințele noastre. Într-o bună zi, reactoarele cu fuziune s-ar putea să rezolve problema energetică pe care o avem, eliberând în condiții de siguranță energia soarelui pe Pământ.

Dar nici măcar reactoarele de fuziune cu izolare magnetică nu vor putea să furnizeze suficientă energie pentru a alimenta o armă precum Steaua Morții. Pentru asta, am avea nevoie de un proiect cu totul nou.

LASERE CU RAZE X CU DECLANȘARE NUCLEARĂ

Mai există o posibilitate de a simula tunul laser al Stelei Morții cu ajutorul tehnologiei cunoscute azi, și anume cu bomba de hidrogen. O baterie de lasere cu raze X care să stăpânească și să concentreze puterea armelor nucleare ar putea, teoretic, să genereze suficientă energie pentru a pune în funcțiune un dispozitiv care să poată incinera o întreagă planetă.

La aceleași mase implicate, forța nucleară eliberează cam de 100 de milioane de ori mai multă energie decât o reacție chimică. O bucată de uraniu îmbogățit, nu mai mare decât o minge de baseball, este suficientă pentru a incinera un oraș întreg, transformându-l într-o minge de foc, chiar dacă doar un procent din masa lui a fost convertită în energie. După cum am discutat, există mai multe moduri de injectare a energiei într-un fascicul laser. De departe, cel mai puternic dintre toate este folosirea forței dezlănțuite de o bombă nucleară.

Laserele cu raze X au o valoare științifică și militară uriașă. Datorită lungimilor de undă foarte mici cu care lucrează, ele pot fi folosite pentru sondarea distanțelor atomice și descifrarea structurii atomice a moleculelor complexe, o realizare care este extrem de dificilă prin metodele obișnuite. O întreagă nouă fereastră către reacțiile chimice se deschide atunci când poți să „vezi" atomii înșiși în mișcare și modul cum sunt aranjați în interiorul moleculei.

Pentru că bomba cu hidrogen emite o cantitate uriașă de energie în domeniul radiațiilor X, laserele cu raze X pot fi și ele energizate de către armele nucleare. Persoana

asociată cel mai strâns cu laserele cu raze X este fizicianul Edward Teller, părintele bombei cu hidrogen.

Teller a fost, se știe, fizicianul care a depus mărturie în fața Congresului american în anii 1950, susținând că Robert Oppenheimer, cel care condusese Proiectul Manhattan, nu putea fi lăsat să continue activitatea legată de bomba cu hidrogen din cauza ideilor sale politice. Mărturia lui Teller a făcut ca Oppenheimer să cadă în dizgrație și să îi fie revocate autorizațiile de securitate; mulți fizicieni marcanți nu l-au iertat niciodată pe Teller pentru acest lucru.

(Personal, eu am intrat în contact cu Teller pe când eram în liceu. Am desfășurat o serie de experimente privind natura antimateriei și am câștigat marele premiu la concursul de știință de la San Francisco precum și o excursie la Concursul Național de Știință de la Albuquerque, New Mexico. Am apărut la televiziunea locală alături de Teller, care era interesat de descoperirea unor tineri fizicieni talentați. În cele din urmă, am câștigat Bursa de Inginerie Hertz acordată de Teller, cu ajutorul căreia mi-am plătit studiile la Harvard. Am ajuns să-i cunosc familia destul de bine, vizitându-l de mai multe ori pe an la reședința lui din Berkeley.)

În esență, laserul cu raze X al lui Teller este o mică bombă nucleară înconjurată de bare de cupru. Detonarea armei nucleare eliberează o undă de șoc sferică de radiații X intense. Aceste radiații energetice trec apoi prin barele de cupru, care acționează ca material-laser, concentrând puterea razelor X în niște fascicule intense. Fasciculele de raze X pot fi apoi îndreptate spre focoasele inamice. Bineînțeles, un astfel de dispozitiv nu ar putea fi folosit decât o dată, deoarece detonarea nucleară provoacă autodistrugerea laserelor cu raze X.

Testul inițial pentru laserele cu raze X cu declanșare nucleară s-a numit testul Cabra și a avut loc în 1983 într-un puț subteran. O bombă cu hidrogen a fost detonată, iar fluxul de radiații X incoerente emis cu acest prilej a fost apoi focalizat într-un fascicul laser coerent. Inițial, testul a fost considerat un succes și, în 1983, chiar l-a inspirat pe președintele Ronald Reagan să anunțe, într-un discurs istoric, intenția de construire a unui scut defensiv numit „Star Wars". Astfel, a fost pus în mișcare un efort de multe miliarde de dolari, care nu s-a încheiat nici azi, de construire a unor dispozitive asemănătoare laserelor cu raze X cu declanșare nucleară menite să doboare rachetele balistice intercontinentale inamice. (Investigațiile ulterioare au arătat că detectorul folosit pentru efectuarea măsurătorilor din timpul testului Cabra a fost distrus, prin urmare valorile indicate de acesta nu puteau fi luate drept bune.)

Ar putea fi, în realitate, un dispozitiv atât de controversat folosit pentru doborârea focoaselor rachetelor intercontinentale? Probabil că da. Numai că și inamicul ar putea folosi o varietate de metode simple, necostisitoare, pentru a anula efectul unor astfel de arme (de exemplu, inamicul ar putea elibera milioane de elemente înșelătoare ieftine pentru a păcăli radarul sau ar putea să-și rotească în jurul axei focoasele pentru dispersarea razelor X sau să emită o peliculă chimică pentru protecția împotriva fasciculului de raze X). Sau, pur și simplu, inamicul ar putea să treacă la producția de masă a focoaselor pentru penetrarea scutului defensiv Star Wars.

Așa încât astăzi, un laser cu raze X cu declanșare nucleară este ineficient ca sistem de apărare împotriva rachetelor. Dar ar fi posibil să se creeze o Stea a Morții ca s-o

folosim împotriva unui asteroid care se apropie de noi ori pentru anihilarea unei întregi planete?

FIZICA STELEI MORȚII

Pot fi create arme care să distrugă în întregime o planetă, ca în *Războiul stelelor*? În teorie, răspunsul este afirmativ. Sunt mai multe metode prin care acestea ar putea fi create.

Mai întâi, nu există nicio limită fizică pentru energia care poate fi eliberată de o bombă cu hidrogen. Iată cum funcționează aceasta. (Descrierea precisă a bombei cu hidrogen este strict secretă și constituie informație clasificată chiar și astăzi de către guvernul american, dar elementele generale sunt bine cunoscute.) O bombă cu hidrogen este, de fapt, construită în mai multe etape. Prin aranjarea corespunzătoare a acestor etape, se poate produce o bombă nucleară de magnitudine aproape arbitrară.

Prima etapă este o bombă cu fisiune standard, care utilizează puterea uraniului-235 pentru a produce o explozie de radiații X, așa cum s-a întâmplat cu bomba de la Hiroshima. În fracțiunea de secundă de dinainte ca explozia să pulverizeze totul, sfera de raze X aflată în expansiune o ia înaintea exploziei (deoarece se deplasează cu viteza luminii), după care este refocalizată pe un container de deuteriură de litiu, substanța activă din bomba cu hidrogen. (Modul exact în care se face acest lucru este încă secret.) Razele X care lovesc deuteriura de litiu determină această substanță să sufere un colaps și să se încălzească până la câteva milioane de grade, provocând o a doua explozie, mult mai mare decât prima. Explozia razelor X din această bombă cu hidrogen poate fi apoi refocalizată pe o a doua pastilă de

deuteriură de litiu, provocând cea de-a treia explozie. În felul acesta, se pot așeza pastilele de deuteriură de litiu una lângă cealaltă, creându-se o bombă cu hidrogen de o magnitudine inimaginabilă. De fapt, cea mai mare bombă cu hidrogen construită vreodată a fost o bombă în două etape, detonată de Uniunea Sovietică în 1961, înmagazinând 50 de milioane de tone de TNT, cu toate că, teoretic, ar fi fost capabilă de o explozie de peste 100 de milioane de tone de TNT (sau de aproximativ cinci mii de ori forța bombei de la Hiroshima).

Totuși incinerarea unei întregi planete este ceva de o cu totul altă magnitudine. Pentru asta, Steaua Morții ar trebui să lanseze în spațiu mii de astfel de lasere cu raze X, care ar trebui să fie declanșate toate simultan. (Prin comparație, să ne amintim că, în toiul Războiului Rece, Statele Unite și Uniunea Sovietică acumulaseră fiecare câte treizeci de mii de bombe nucleare.) Energia colectivă provenită de la un număr atât de mare de lasere cu raze X ar fi suficientă pentru a incinera suprafața unei planete. Așadar, cu siguranță că pentru un Imperiu Galactic de peste câteva mii de ani în viitor va fi posibil să creeze o astfel de armă.

Pentru o civilizație foarte avansată, există o a doua opțiune: să creeze o Stea a Morții utilizând energia unei surse explozive cu radiații gama. O astfel de Stea a Morții ar declanșa o salvă de radiații depășită doar de Big Bang. Sursele explozive cu raze gama apar în mod natural în spațiul cosmic, dar este de imaginat că o civilizație avansată ar putea să-i controleze imensa putere. Controlând mișcarea de rotație a unei stele cu mult înainte să sufere colapsul și să dezlănțuie o hipernova, ar fi posibil să se dirijeze sursa explozivă cu raze gama către orice punct din spațiu.

SURSELE EXPLOZIVE CU RAZE GAMA

Sursele explozive cu raze gama au fost, de fapt, văzute pentru prima oară în anii 1970, când forțele militare americane au lansat satelitul *Vela*, având ca scop detectarea „flash-urilor nucleare" (dovezi privind detonările neautorizate de bombe nucleare). Dar în loc să depisteze astfel de flash-uri, satelitul *Vela* a detectat explozii uriașe de radiații din spațiu. Inițial, această descoperire a provocat panică la Pentagon: nu cumva sovieticii își testau armele nucleare în spațiul cosmic? Mai târziu, s-a determinat că aceste explozii de radiație proveneau uniform din toate direcțiile universului, ceea ce însemna că veneau din exteriorul galaxiei Calea Lactee. Dar dacă erau extragalactice, atunci cantitățile de energie eliberate erau cu adevărat astronomice, suficiente ca să lumineze întregul univers vizibil.

Când Uniunea Sovietică s-a destrămat în 1990, o uriașă cantitate de informații astronomice au fost pe neașteptate declasificate de către Pentagon, copleșindu-i pe astronomi. Dintr-odată, aceștia și-au dat seama că un fenomen nou și misterios îi privea drept în față, unul care urma să impună rescrierea manualelor de știință.

Dat fiind că sursele explozive cu radiații gama au o durată de viață cuprinsă între câteva secunde până la câteva minute înainte să dispară, un sistem complex de senzori este necesar pentru a le depista și a le analiza. Mai întâi, sateliții detectează prima explozie de radiație și trimit coordonatele exacte ale încărcăturii spre Pământ. Aceste coordonate sunt apoi retransmise telescoapelor optice sau radio, care se vor concentra pe poziția exactă a sursei explozive cu radiații gama.

Deși mai sunt de clarificat o mulțime de detalii, o teorie despre sursele de radiații gama susține că acestea sunt „hipernove" de o putere enormă, care lasă în urmă găuri negre masive. După toate aparențele, sursele de radiații gama sunt niște găuri negre monstruoase aflate în formare.

Dar găurile negre emit două „jeturi" de radiație, una de la polul nord și cealaltă de la polul sud, ca un titirez. Radiația văzută de la o sursă de raze gama îndepărtată este, aparent, unul dintre jeturile îndreptate spre Pământ. Dacă sursa de radiații gama ar fi îndreptată spre Terra și s-ar afla în vecinătatea noastră galactică (la câteva sute de ani-lumină de Pământ), puterea ei ar fi suficientă să distrugă întreaga viață de pe planeta noastră.

La început, pulsul de radiații X al sursei ar crea un impuls electromagnetic care ar distruge toate echipamentele electronice de pe Terra. Fasciculul ei intens de raze X și de radiații gama ar fi suficient ca să deterioreze atmosfera terestră, distrugând pătura protectoare de ozon. Jetul provenit de la sursa de radiații gama ar ridica apoi temperatura de la suprafața Pământului, declanșând în cele din urmă incendii cumplite care ar cuprinde întreaga planetă. Sursa de radiații gama s-ar putea să nu facă efectiv să explodeze planeta, ca în *Războiul stelelor*, dar cu siguranță că va distruge întreaga viață, lăsând în urmă o planetă pârjolită și pustiită.

Nu este exclus ca o civilizație mai avansată decât a noastră cu câteva sute de mii până la un milion de ani să fie capabilă să îndrepte o astfel de gaură neagră în direcția unei ținte. Asta s-ar putea face deviind traiectoria planetelor și a stelelor neutronice înspre steaua aflată pe moarte la un unghi precis, chiar înainte de colaps. Această deviere ar fi suficientă pentru a schimba axa de rotație a stelei în așa fel

încât să poată fi orientată într-o anumită direcție. O stea în curs de extincție ar constitui cea mai mare armă cu radiații gama imaginabilă.

În concluzie, utilizarea unor lasere puternice pentru a crea arme cu raze portabile și săbii luminoase poate fi clasificată ca o imposibilitate de clasa I — adică, ceva care ar fi posibil în viitorul apropiat sau poate în decurs de un secol. Dar provocarea extremă de a orienta o stea care se rotește înainte să erupă într-o gaură neagră și de a o transforma într-o Stea a Morții va trebui să fie considerată o imposibilitate de clasa a II-a — ceva care e limpede că nu încalcă legile fizicii (astfel de surse de radiații gama există), dar pe de altă parte ar fi posibil abia peste câteva mii, până la câteva milioane de ani.

IMPOSIBILITĂȚI DE CLASA I

4. TELEPORTAREA

Ce frumos e că ne-am întâlnit cu paradoxul. Acum putem spera să progresăm.

NIELS BOHR

Nu po' să schimb legile fizicii, căpitane.

SCOTTY, INGINER-ȘEF ÎN STAR TREK

Teleportarea — sau capacitatea de a transporta instantaneu o persoană sau un obiect dintr-un loc în altul — este o tehnologie care ar putea schimba cursul civilizației și modifica destinele națiunilor. Ar putea transforma irevocabil regulile confruntărilor militare: armatele și-ar putea teleporta trupele în spatele liniilor inamici sau pur și simplu ar putea teleporta conducerea inamicului, cu scopul de a-i captura. Sistemul de transport de astăzi — de la mașini și nave la avioane și căi ferate, precum și numeroasele industrii care asigură funcționarea acestui sistem — va deveni învechit; am putea să ne teleportăm pur și simplu la locul de muncă, așa cum am putea să ne teleportăm mărfurile la piață. Vacanțele ar deveni lipsite de eforturi, căci ne-am putea teleporta la destinație. Teleportarea ar schimba totul.

Primele mențiuni referitoare la teleportare se găsesc în texte religioase precum Biblia, în care spiritele îi transportă pe oameni dintr-un loc în altul.[9] Acest pasaj din Faptele Sfinților Apostoli (Noul Testament) pare a sugera teleportarea lui Filip din Gaza în Azot: „Iar când au ieșit din

9 Cel mai bun exemplu de teleportare consemnată de documente este datată 24 octombrie 1593 când Gil Perez, militar filipinez, membru al gărzii palatului care-l păzea pe guvernatorul din Manila, a apărut brusc în Plaza Mayor din Ciudad de Mexico. Năuc și confuz, el a fost arestat de autoritățile mexicane care credeau că e în slujba lui Satan. Când a fost adus în fața Sfântului Tribunal al Inchiziției, tot ce a putut spune

apă, Duhul Domnului a răpit pe Filip, și famenul nu l-a mai văzut. Și el s-a dus în calea sa, bucurându-se. Iar Filip s-a aflat în Azot și, mergând, binevestea prin toate cetățile, până ce a sosit în Cezareea" (Fapte 8:36-40).

Teleportarea face parte, de asemenea, din galeria de trucuri și iluzii a oricărui magician: scoaterea iepurilor din joben, cărțile ieșite pe mânecă și monedele din spatele urechilor cuiva. Unul dintre trucurile de magie cele mai ambițioase din ultima vreme a avut ca obiect dispariția unui elefant de sub ochii unui public surprins. În această demonstrație, un elefant uriaș, cântărind multe tone, a fost așezat într-o cușcă. Apoi, la o mișcare a baghetei magicianului, elefantul a dispărut, spre marea uimire a spectatorilor. (Bineînțeles că elefantul nu a dispărut cu adevărat. Trucul a fost efectual cu ajutorul oglinzilor. Fâșii de oglindă lungi, subțiri, verticale au fost plasate în spatele fiecărei gratii a cuștii. Asemenea unei porți, fiecare dintre aceste fâșii putea fi făcută să se rotească în jurul unei axe. La începutul demonstrației, când toate fâșiile de oglindă erau aliniate în spatele gratiilor, oglinzile nu puteau fi văzute, iar elefantul era vizibil. Dar când oglinzile au fost rotite cu 45 de grade cu fața spre public, elefantul a dispărut, iar audiența a fost lăsată să se uite lung la imaginea reflectată din cealaltă parte a cuștii.)

TELEPORTAREA ȘI SCIENCE-FICTIONUL

Prima menționare a teleportării în literatura science-fiction a apărut în povestea lui Page Mitchell, *Omul fără corp*, publicată în 1877. În acea poveste, un om de știință reușește să dezasambleze atomii constituenți ai unei pisici și

---

în apărarea sa a fost faptul că a dispărut din Manila și a reapărut în Mexic „în mai puțin timp decât îi trebuie unui cocoș să cârâie". (Oricât de incredibile ar părea relatările istorice ale acestui caz, istoricul Mike Dash a remarcat că primele consemnări ale dispariției lui Perez provin la un secol după dispariția sa, așa încât nu pot fi crezute în totalitate.)

să-i transmită printr-un fir de telegraf. Din nefericire, bateria s-a epuizat în timp ce savantul încerca să se teleporteze pe sine însuși. Doar capul i-a fost teleportat cu succes.

Sir Arthur Conan Doyle, cunoscut mai ales datorită romanelor cu Sherlock Holmes, era fascinat de noțiunea de teleportare.[10] După mulți ani în care a tot scris romane și nuvele, a început să se cam plictisească de seria Sherlock Holmes și, în cele din urmă, și-a ucis eroul, făcându-l să plonjeze în moarte împreună cu profesorul Moriarty, într-o cascadă. Dar protestele publicului au fost atât de vehemente, încât Doyle a fost obligat să-l reînvie pe detectiv. Dat fiind că n-a putut să-l omoare pe Sherlock Holmes, Doyle a decis în schimb să creeze o serie cu totul nouă, avându-l drept erou pe profesorul Challenger, care era un alter ego al lui Sherlock Holmes. Amândoi aveau o minte ageră și un ochi exersat în rezolvarea misterelor. Dar în vreme ce Sherlock Holmes se folosea de o logică rece, deductivă pentru a descifra cazuri complexe, profesorul Challenger explora lumea obscură a spiritualității și a fenomenelor paranormale, inclusiv teleportarea. În romanul din 1927, *Mașina dezintegratoare*, profesorul întâlnește un domn care inventase o mașină ce putea să dezintegreze o persoană și apoi să o reasambleze în altă parte. Dar profesorul Challenger este oripilat când inventatorul se laudă cu faptul că invenția sa ar putea, dacă ar ajunge în mâini nepotrivite, să dezintegreze orașe întregi cu milioane de locuitori, la o simplă apăsare de buton. Profesorul Challenger folosește apoi mașina pentru a-l dezintegra pe inventator și părăsește laboratorul, fără să-l reasambleze.

Mai recent, Hollywoodul a descoperit teleportarea. Filmul *Musca*, din 1958, examinează explicit ce s-ar putea întâmpla dacă teleportarea s-ar produce aiurea.

---

10 Operele din tinerețe ale lui Doyle se distingeau prin gândirea metodică și logică, tipică profesiei medicale, așa cum întâlnim în superbele deducții ale lui Sherlock Holmes. Și atunci ce l-a determinat pe Doyle să treacă brusc de la logica rece și rațională a domnului Holmes la aventurile tulburătoare, bazate pe experiența personală, ale profesorului Challenger, care coborau în lumile interzise ale misticismului, ale ocultismului și la

Când un om de știință se teleportează cu succes în cealaltă parte a încăperii, atomii lui se combină cu cei ai unei muște care pătrunsese întâmplător în camera de teleportare, așa încât omul de știință se transformă într-un monstru mutant grotesc, pe jumătate om, pe jumătate muscă. (Un remake avându-l ca personaj principal pe Jeff Goldblum a fost lansat în 1986.)

Teleportarea a devenit pentru prima oară proeminentă în cultura populară odată cu serialul *Star Trek*. Gene Roddenberry, creatorul lui *Star Trek*, a introdus teleportarea în serial, deoarece bugetul Studioului Paramount nu permitea recurgerea la efecte speciale costisitoare necesare pentru a stimula lansarea unor astronave și aterizarea pe planete îndepărtate. Era mai simplu să teleportezi echipajul de pe *Enterprise* la destinație.

De-a lungul anilor, numeroase obiecții au fost ridicate de către oamenii de știință cu privire la posibilitatea teleportării. Pentru a teleporta pe cineva, ar trebui să cunoști poziția precisă a fiecărui atom dintr-un corp viu, ceea ce probabil că ar viola principiul de incertitudine al lui Heisenberg (care stabilește că nu poți cunoaște în același timp poziția exactă și viteza unui electron). Producătorii serialului, ca să le facă pe plac criticilor, au introdus așa-numitele „compensatoare Heisenberg“ în camera de teleportare, ca și cum legile fizicii cuantice ar putea fi compensate prin adăugarea unui *gadget* la instalația de teleportare. Dar, așa cum a reieșit, nevoia de a crea aceste compensatoare Heisenberg se poate să fi fost prematură. Primii critici și oamenii de știință s-ar putea să se fi înșelat.

---

limitele științei? Scriitorul a fost profund afectat de moartea subită, neașteptată a mai multor rude apropiate în Primul Război Mondial, printre care fiul său iubit, Kingsley, fratele, doi cumnați și doi nepoți. Pierderile acestea vor lăsa o rană emoțională profundă și durabilă în sufletul său.

TELEPORTAREA ȘI TEORIA CUANTICĂ

Conform teoriei newtoniene, teleportarea este categoric imposibilă. Legile lui Newton se bazează pe ideea că materia este alcătuită din bile minuscule și dure de biliard. Obiectele nu se deplasează până când nu sunt împinse; obiectele nu dispar brusc pentru ca să reapară altundeva.

Dar în teoria cuantică, exact asta pot să facă particulele. Legile lui Newton, care au rămas neclintite vreme de 250 de ani, au fost răsturnate în 1925, când Werner Heisenberg, Erwin Schrödinger și colegii acestora au elaborat teoria cuantică. Analizând proprietățile bizare ale atomilor, fizicienii au descoperit că electronii se comportau ca niște unde și putea efectua salturi cuantice în mișcarea lor aparent haotică din interiorul atomului.

Omul cel mai îndeaproape asociat cu undele cuantice a fost fizicianul vienez Erwin Schrödinger, care a formulat celebra ecuație de undă ce-i poartă numele, una dintre cele mai importante din întreaga fizică și chimie. Cursuri întregi de nivel superior sunt dedicate rezolvării celebrei sale ecuații și pereți întregi ai bibliotecilor de fizică sunt plini de cărți care îi examinează consecințele profunde. În principiu, întreaga chimie poate fi redusă la soluții ale acestei ecuații.

În 1905, Einstein a demonstrat că undele luminoase pot avea proprietăți corpusculare; cu alte cuvinte, ele pot fi descrise ca niște pachete de energie denumite fotoni. Dar în anii 1920, lui Schrödinger îi devenise evident că și reciproca era valabilă, și anume faptul că particule precum electronii puteau să manifeste proprietăți ondulatorii. Ideea a fost exprimată pentru prima oară de către fizicianul francez Louis de Broglie, care a și primit Premiul Nobel pentru

---

Deprimat de aceste decese tragice, Doyle a rămas fascinat până la sfârșitul vieții de lumea ocultă, crezând poate că va reuși să comunice cu morții prin intermediul spiritismului. El a trecut brusc de la lumea rațională a științei criminalistice la misticism și a continuat prin a susține conferințe celebre în toată lumea despre fenomenele paranormale neexplicate.

această ipoteză. (Demonstrăm acest lucru studenților de la universitatea noastră. Electronii sunt accelerați în interiorul unui tub cu radiații catodice, asemănătoare celor folosite la televizoare. Electronii trec printr-un orificiu foarte mic, așa încât ar fi de așteptat să apară un punctișor în locul unde electronii lovesc ecranul TV. În schimb, acolo apar niște inele concentrice, ca de undă, la care ne-am fi așteptat dacă prin orificiu ar fi trecut o undă, nu o particulă.)

Într-o zi, Schrödinger a ținut o conferință în legătură cu acest fenomen curios. El a fost provocat de un coleg fizician, Peter Debye, care l-a întrebat: „Dacă electronii sunt descriși de unde, atunci care este ecuația lor de undă?"

Din momentul în care Newton a creat calculul infinitezimal, fizicienii au fost în măsură să descrie undele cu ajutorul ecuațiilor diferențiale, astfel încât Schrödinger a luat întrebarea lui Debye ca pe o provocare de a scrie ecuația diferențială a undelor electronice. În acea lună, Schrödinger a plecat în vacanță, iar când s-a întors avea deja ecuația. Așadar, la fel cum, înaintea lui, Maxwell a luat câmpurile de forță ale lui Faraday și a extras ecuațiile lui Maxwell pentru lumină, Schrödinger a luat undele materiale ale lui de Broglie și a extras ecuațiile lui Schrödinger pentru electroni.

(Istoricii științei s-au străduit din greu să afle cu precizie ce anume făcea Schrödinger când a descoperit celebra ecuație care avea să schimbe definitiv peisajul fizicii și al chimiei moderne. După toate aparențele, Schrödinger credea în iubirea liberă și era adesea însoțit în vacanțe atât de soție, cât și de amante. Ținea chiar și un jurnal zilnic cu întâmplări legate de numeroasele sale iubite, cu coduri complicate referitoare la fiecare întâlnire. Istoricii cred acum că, atunci când a descoperit celebra ecuație, se afla la Vila Herwig din Alpi, împreună cu una dintre prietenele sale.)

Când a început să rezolve ecuația pentru atomul de hidrogen, Schrödinger a găsit, spre marea sa surprindere, exact aceleași niveluri energetice ale hidrogenului care fuseseră catalogate cu minuțiozitate de către fizicienii de dinaintea lui. Atunci și-a dat seama că vechea imagine a atomului, închipuită de Niels Bohr, în care electronii se rotesc cu repeziciune în jurul nucleului (care e folosită și astăzi în cărți și în reclame, când se încearcă simbolizarea științei moderne) era de fapt greșită. Aceste orbite vor trebui înlocuite cu unde care înconjoară nucleul.

Descoperirea lui Schrödinger a provocat, la rândul ei, unde de șoc în cadrul comunității fizicienilor. Dintr-odată, fizicienii aveau posibilitatea să privească în inima atomului, să examineze în detaliu undele care alcătuiesc păturile electronice și să extragă predicții precise pentru aceste niveluri energetice care se potrivesc perfect cu datele experimentale.

Dar rămânea o întrebare sâcâitoare, care bântuie domeniul fizicii chiar și în zilele noastre. Dacă electronul este descris de o undă, atunci ce anume oscilează? La aceasta a dat un răspuns fizicianul Max Born, care a spus că aceste unde sunt, de fapt, unde probabilistice. Aceste unde ne dau probabilitatea ca un anumit electron să se găsească în orice loc și în orice moment. Cu alte cuvinte, *electronul este o particulă, dar probabilitatea de a găsi acea particulă este dată de unda lui Schrödinger.* Cu cât unda este mai mare, cu atât șansa de a găsi particula în acel punct este mai mare.

Cu aceste dezvoltări, dintr-odată, șansa și probabilitatea au fost introduse direct în nucleul fizicii, care până atunci ne dăduse predicții precise și traiectorii detaliate ale particulelor, de la planete și comete la ghiulele de tun.

Această incertitudine a fost în cele din urmă codificată de către Heisenberg atunci când a propus

principiul de incertitudine, cu alte cuvinte, conceptul conform căruia nu poți cunoaște cu exactitate în același timp viteza și poziția unui electron.[11] După cum nu-i poți cunoaște energia exactă, măsurată de-a lungul unei anumite durate de timp. La nivel cuantic, toate legile fundamentale ale bunului simț sunt încălcate: electronii pot dispărea, ca să reapară altundeva la fel cum aceiași electroni se pot afla simultan în mai multe locuri.

(În mod ironic, Einstein, „nașul" teoriei cuantice, care a ajutat la declanșarea revoluției în 1905, și Schrödinger, care ne-a dat ecuația de undă, erau îngroziți de ideea introducerii șansei în fizica fundamentală. În acest sens, Einstein a scris: „Mecanica cuantică impune mult respect. Dar un glas lăuntric îmi spune că nu e adevăratul Iacov. Teoria are multe de oferit, dar nu ne aduce mai aproape de secretul Bătrânului. Cel puțin în ceea ce mă privește, sunt convins că Dumnezeu nu joacă zaruri".[12])

Teoria lui Heisenberg era revoluționară și controversată — dar era funcțională. Cu o singură mișcare, fizicienii puteau explica acum un număr imens de fenomene enigmatice, printre care și legile chimiei. Ca să-mi impresionez doctoranzii arătându-le cât de bizară e teoria cuantică, uneori le cer să calculeze probabilitatea ca atomii lor să se dizolve brusc și să reapară de cealaltă parte a unui zid din cărămidă. În virtutea legilor newtoniene, o astfel de teleportare este imposibilă, dar mecanica cuantică o permite. Răspunsul totuși este că va trebui să se aștepte un interval de timp mai mare

---

11 Mai precis, principiul de incertitudine al lui Heisenberg spune că incertitudinea privind poziția particulei înmulțită cu incertitudinea referitoare la impulsul acesteia trebuie să fie mai mare sau egală cu constanta lui Planck împărțită la 2π. Sau că produsul dintre incertitudinea energiei particulei multiplicată cu incertitudinea referitoare la momentul de timp al acesteia trebuie și el să fie mai mare decât constanta lui Planck împărțită la 2π. Dacă dăm valoarea zero constantei lui Planck, atunci totul se reduce la teoria newtoniană obișnuită, în care toate incertitudinile sunt egale cu zero.
Faptul că nu putem cunoaște poziția, impulsul, energia sau timpul pentru un electron l-a determinat pe Tryggvi Emilsson să spună: „Istoricii au ajuns la concluzia că Heisenberg trebuie să-și fi contemplat viața amoroasă atunci când a descoperit Principiul de Incertitudine: Când a avut timp, n-a avut energie și când impulsul era adecvat, n-a putut să calculeze poziția." Barrow, *Between Inner Space and Outer Space*, p. 187.
12 Kaku, *Einstein's Cosmos*, p. 127.

decât durata de viață a universului pentru ca acest lucru să aibă loc. (Dacă ați folosi un computer ca să reprezentați grafic ecuația de undă Schrödinger a propriului dumneavoastră corp, ați constata că seamănă foarte mult cu toate trăsăturile corpului dumneavoastră, doar că graficul ar fi un pic neclar, cu unele dintre unde ieșind spre afară în toate direcțiile. O parte dintre undele dumneavoastră se vor extinde până la stelele îndepărtate. Așa încât există o probabilitate infimă ca într-o zi să vă treziți pe o planetă îndepărtată.)

Faptul că electronii se pot afla, aparent, în mai multe locuri simultan formează însuși fundamentul chimiei. Știm că electronii se rotesc în jurul nucleului unui atom, ca într-un sistem solar miniatural. Dar atomii și sistemele solare sunt foarte diferite; dacă două sisteme solare se ciocnesc în spațiul cosmic, cele două sisteme se distrug și planetele sunt aruncate în spațiul îndepărtat. Totuși când atomii se ciocnesc, formează adeseori molecule care sunt perfect stabile, împărțind electronii între ele. La orele de chimie din liceu, profesorii reprezintă adeseori acest lucru cu un „electron pătat", care seamănă cu o minge de fotbal, făcând legătura între doi atomi.

Dar ceea ce profesorii de chimie le spun rareori elevilor este faptul că electronul nu este „pătat" câtuși de puțin între doi atomi. Această „minge de fotbal" reprezintă de fapt probabilitatea ca electronul să se afle în mai multe locuri în același timp în cadrul mingii de fotbal. Cu alte cuvinte, întreaga chimie, care explică apariția și funcționarea moleculelor din interiorul corpului nostru, se bazează pe ideea că electronii pot fi în mai multe locuri simultan și că tocmai această împărțire a electronilor între cei doi atomi ține laolaltă moleculele ce alcătuiesc corpul nostru. *Fără teoria cuantică, moleculele și atomii noștri s-ar descompune instantaneu.*

Această proprietate ciudată, dar profundă, a teoriei cuantice (și anume că există o probabilitate finită ca până și cele mai bizare evenimente să aibă loc) a fost exploatată de Douglas Adams în romanul său plin de umor *Ghidul autostopistului galactic*[13]. Autorul avea nevoie de o modalitate convenabilă de a se deplasa prin galaxie, așa încât a inventat Motorul de Improbabilitate Infinită, „o nouă și minunată metodă de a traversa uriașele distanțe interstelare în nimicnicime de secundă, fără să mai fie nevoie de toate caraghioslâcurile alea prin hiperspațiu". Mașina lui permite schimbarea după bunul plac a șanselor de realizare a oricărui eveniment cuantic, astfel, chiar și evenimentele foarte improbabile devin ceva obișnuit. Așa că, dacă vreți să porniți în zbor spre cel mai apropiat sistem stelar, nu trebuie decât să modificați probabilitatea de a vă rematerializa pe cealaltă stea și *voilá!*, veți fi teleportat instantaneu acolo.

În realitate, salturile „cuantice", atât de obișnuite în interiorul atomului, nu pot fi generalizate așa de ușor la obiecte de mari dimensiuni precum oamenii, care conțin trilioane de trilioane de atomi. Chiar dacă electronii din corpul nostru dansează și țopăie în călătoria lor fantastică în jurul nucleului, ei sunt atât de mulți, încât mișcările lor se mediază. Iată de ce, aproximativ vorbind, la nivelul nostru substanțele par solide și permanente.

Așadar, deși teleportarea este permisă la nivel atomic, ar trebui să așteptăm mai mult decât durata de viață a universului ca să putem vedea aceste efecte bizare la scară macroscopică. Dar se pot folosi legile teoriei cuantice pentru a crea o mașină cu ajutorul căreia să teleportăm ceva la cerere, ca în povestirile și filmele science-fiction? În mod surprinzător, răspunsul este un da categoric.

---

13 Apărut la Editura Nemira, în anul 2005, în traducerea lui Eugen Dumitrescu. (*N. t.*)

EXPERIMENTUL EPR

Cheia teleportării cuantice se află într-un celebru articol din 1935 scris de Albert Einstein și colegii săi Boris Podolsky și Nathan Rosen, care, în mod ironic, au propus experimentul EPR (denumit după cei trei autori), pentru a omorî în fașă, o dată pentru totdeauna, introducerea probabilităților în fizică. (Deplângând succesele experimentale de netăgăduit ale teoriei cuantice, Einstein scria: „Cu cât are mai mult succes teoria cuantică, cu atât mai caraghioasă pare".[14])

Dacă doi electroni vibrează inițial la unison (o stare denumită coerență), ei pot să rămână într-o sincronizare ondulatorie chiar dacă sunt separați de o distanță mare. Chiar dacă sunt separați de ani-lumină, există totuși o undă Schrödinger invizibilă care-i conectează, ca un cordon ombilical. Dacă se întâmplă ceva cu un electron, atunci o parte din informație este transmisă imediat celuilalt. Aceasta se cheamă „interconectare cuantică", respectiv, ideea că particulele care vibrează în coerență sunt legate între ele printr-un soi de conexiune profundă. Să începem cu doi electroni coerenți care oscilează la unison. În continuare, să-i lăsăm să zboare în direcții opuse. Fiecare electron e ca un titirez. Mișcarea de rotație în jurul axei (spin) a fiecărui electron poate fi orientată în sus sau în jos. Să spunem că spinul total al sistemului este zero, astfel încât dacă spinul unui electron este orientat în sus, atunci vom ști în mod automat că spinul celuilalt este orientat în jos. În conformitate cu teoria cuantică, înainte de a face o măsurătoare, electronul nu se rotește nici în sus, nici în jos, ci există într-o stare incertă, în care se rotește simultan și în sus și în jos. (Din momentul în care facem o observație,

14 Asimov și Schulman, p. 211.

funcția de undă „colapsează", lăsând particula într-o stare definită.)

În continuare, să măsurăm spinul unuia dintre electroni. Să zicem că se rotește în sus. Atunci vom ști instantaneu că spinul celuilalt electron este orientat în jos. Chiar dacă electronii sunt separați de mulți ani-lumină, vom ști imediat spinul celui de-al doilea electron în momentul în care măsurăm spinul primului electron. De fapt, *știm asta mai rapid decât viteza luminii*. Întrucât cei doi electroni sunt „interconectați", cu alte cuvinte, funcțiile lor de undă „bat" la unison, funcțiile lor de undă sunt conectate printr-un „fir" invizibil sau un cordon ombilical. Orice s-ar întâmpla cu unul dintre ei, automat are efect asupra celuilalt. (Aceasta înseamnă, într-un anume sens, că tot ceea ce se întâmplă cu noi afectează, automat și instantaneu, starea lucrurilor în colțuri îndepărtate ale universului, întrucât funcțiile noastre de undă au fost interconectate probabil încă de la începutul timpului. Într-un sens, există o rețea de interconectări care leagă colțuri îndepărtate ale universului, incluzându-ne aici și pe noi.) Einstein a denumit asta, în derâdere, „acțiune fantomatică la distanță", iar acest fenomen i-a dat prilejul să „demonstreze" că teoria cuantică este greșită, în mintea lui, pentru că nimic nu se poate deplasa mai rapid decât lumina.

Inițial, Einstein a conceput experimentul EPR ca să „înmormânteze" teoria cuantică. Dar în anii 1980, Alan Aspect și colegii lui din Franța au efectuat acest experiment cu doi detectori separați la o distanță de 13 metri, măsurând spinul fotonilor emiși de atomii de calciu, iar rezultatele au fost în concordanță deplină cu teoria cuantică. Astfel încât, după toate aparențele, Dumnezeu joacă totuși zaruri cu universul.

Chiar circulă informația mai rapid decât lumina? S-a înșelat Einstein când a stabilit că viteza luminii este

viteza limită în univers? Nu tocmai. Chiar dacă circulă mai repede decât lumina, informația este aleatorie și, prin urmare, nefolositoare. Nu poți să trimiți un mesaj real, un cod Morse, prin intermediul unui experiment EPR, chiar dacă informația circulă mai rapid decât lumina.

Să știm că un electron aflat în cealaltă parte a universului are spinul orientat în jos este o informație inutilă. Nu poți să trimiți prin această metodă cotele de la bursa de zi. De exemplu, să spunem că un prieten poartă întotdeauna un ciorap roșu și unul verde, în ordine întâmplătoare. Să spunem că îi cercetezi un picior și constați că acel picior e încălțat cu un ciorap roșu. În acel moment știi, cu o rapiditate mai mare decât a luminii, că ciorapul celălalt este roșu. Informația chiar circulă mai rapid decât lumina, dar această informație este inutilă. Niciun semnal care să conțină informație nealeatorie nu poate fi trimis prin această metodă.

De ani de zile, experimentul EPR a fost folosit ca un exemplu al victoriei răsunătoare a teoriei cuantice asupra criticilor săi, dar era o victorie goală de conținut, fără consecințe practice. Până azi.

TELEPORTAREA CUANTICĂ

Totul s-a schimbat în 1993, când oamenii de știință de la IBM, conduși de Charles Bennett, au arătat că este posibil fizic să teleportezi obiecte, cel puțin la nivel atomic, folosindu-te de experimentul EPR[15]. (Mai precis, ei au demonstrat că se poate teleporta toată informația conținută într-o particulă.) De atunci, fizicienii au fost

15 Să presupunem pe moment că obiectele macroscopice, inclusiv oamenii, pot fi teleportate. Aceasta ridică subtile întrebări filosofice și teologice cu privire la existența unui „suflet", în cazul în care trupul unei persoane este teleportat. Dacă ești teleportat într-o nouă poziție, sufletul tău se deplasează și el odată cu tine?

O parte dintre aceste întrebări etice au fost explorate în romanul lui James Patrick Kelley, *Think Like a Dinosaur* (*Gândește ca un dinozaur*). În această poveste, o femeie este teleportată pe o altă planetă, dar apare o problemă cu transmisia. În loc ca trupul original să fie distrus, acesta rămâne neatins, cu toate emoțiile intacte. Dintr-o dată, există două exemplare ale aceleiași persoane. În mod firesc, când copiei i se spune să intre în mașina de teleportare pentru a fi dezintegrată, aceasta refuză. Refuzul ei generează

capabili să teleporteze fotoni și chiar atomi întregi de cesiu. În decurs de câteva decenii, oamenii de știință s-ar putea să fie capabili să teleporteze prima moleculă ADN și primul virus.

Teleportarea cuantică exploatează câteva dintre cele mai bizare proprietăți ale experimentului EPR. În aceste experimente de teleportare, fizicienii încep cu doi atomi, A și C. Să zicem că vrem să teleportăm informația de la atomul A la atomul C. Pornim prin a avea un al treilea atom, B, care începe prin a fi interconectat cu C, astfel încât B și C sunt în coerență. Acum, atomul A vine în contact cu atomul B. A îl scanează pe B, astfel încât conținutul de informație al atomului A este transferat atomului B. În acest proces, A și B devin interconectați. Dar întrucât B și C erau de la început interconectați, înseamnă că informația din cadrul lui A a fost acum transferată atomului C. În concluzie, atomul A a fost acum teleportat în atomul C, cu alte cuvinte, conținutul informațional al lui A este acum identic cu acela al lui C.

Să remarcăm faptul că informația din cadrul lui A a fost distrusă (astfel încât să nu avem două copii după teleportare). Aceasta înseamnă că oricine a fost teleportat ipotetic moare în cursul procesului. Dar

---

o criză, deoarece extratereștrii cu sânge rece, cei care au pus la dispoziție tehnologia, văd întâmplarea ca o chestiune pur practică pentru „echilibrarea ecuației", în vreme ce oamenii, mai predispuși la emoții, sunt mai înțelegători cu cauza ei.

În majoritatea povestirilor, teleportarea este privită ca un lucru binevenit. Dar în „The Jaunt" a lui Stephen King, autorul explorează implicațiile a ceea ce s-ar putea întâmpla dacă teleportarea ar avea niște efecte secundare periculoase. În viitor, teleportarea devine ceva banal și este denumită cu afecțiune „Plimbarea" („The Jaunt"). Cu puțin înainte de a se teleporta pe Marte, un tată le explică copiilor săi povestea stranie din spatele Plimbării, care fusese descoperită de un savant care o folosea pentru a teleporta șoareci, dar singurii șoareci care supraviețuiau teleportării erau cei care fuseseră în prealabil anesteziați. Cei care erau treji în timpul teleportării au murit în chinuri groaznice. Așa se face că oamenii sunt în mod curent adormiți înainte de a fi teleportați. Singurul om care a fost vreodată teleportat treaz a fost un criminal condamnat, căruia i s-a promis iertarea de toate pedepsele dacă se supunea experimentului. Dar după ce-a fost teleportat, a suferit un teribil atac de cord, bâiguind înainte să moară: „Acolo, înăuntru, e eternitatea".

Din nefericire, fiul lui, auzind această povestire fascinantă, decide să-și țină respirația, astfel încât să nu fie anesteziat. Consecințele sunt tragice. După teleportare, băiatul înnebunește brusc. Părul îi albește, ochii i se îngălbenesc ca de bătrânețe și încearcă să-și smulgă ochii din orbite. Secretul este acum dezvăluit. Materia fizică este teleportată instantaneu, dar pentru minte, călătoria durează o eternitate, timpul pare nesfârșit, iar persoana este adusă în stare de nebunie totală.

conținutul informațional al corpului său apare altundeva. Să mai remarcăm și că atomul A nu s-a mișcat în poziția atomului C. Dimpotrivă, doar informația conținută în A (de exemplu, spinul și polarizarea acestuia) a fost transferată lui C. (Ceea ce nu înseamnă că atomul C a fost descompus și apoi transferat într-o altă poziție. Înseamnă că informația conținută în atomul A a fost transferată altui atom, C.)

De la primul anunț referitor la această descoperire, progresul s-a realizat în condițiile unei competiții acerbe, cu grupuri diferite de cercetători căutând să se întreacă unele pe celelalte. Prima demonstrație istorică a teleportării cuantice s-a realizat în 1997, la Universitatea din Innsbruck, când au fost teleportați fotoni de lumină ultravioletă. Aceasta a fost urmată de experimentatorii de la Cal Tech, care au realizat un experiment și mai precis, implicând teleportarea de fotoni.

În 2004, fizicienii de la Universitatea din Viena au reușit să teleporteze particule de lumină la o distanță de 600 de metri pe sub fluviul Dunărea, folosind un cablu din fibră optică și stabilind astfel un nou record. (Cablul propriu-zis avea 800 de metri lungime și era întins pe sub sistemul de canalizare public de sub Dunăre. Expeditorul s-a aflat pe un mal al fluviului, iar receptorul, pe celălalt.)

O critică adusă acestor experiențe s-a referit la faptul că s-au efectuat asupra unor fotoni de lumină. Nu cu așa ceva se lucrează în science-fiction. Prin urmare, realizarea din 2004, când teleportarea cuantică a fost demonstrată nu cu fotoni, ci cu atomi reali, a fost importantă, pentru că ne-a adus cu un pas mai aproape de un dispozitiv de teleportare mai realist. Fizicienii de la Institutul Național de Standarde și Tehnologie din Washington, D.C., au reușit să interconecteze trei atomi de beriliu și au transferat proprietățile unui

atom în altul. Această realizare a fost considerată atât de importantă, încât a ajuns pe coperta revistei *Nature*. Un alt grup a reușit să teleporteze și atomi de calciu.

În 2006, încă un progres spectaculos a fost înfăptuit, implicând pentru prima oară un obiect macroscopic. Fizicienii de la Institutul Niels Bohr din Copenhaga, împreună cu cei de la Institutul Max Planck din Germania, au reușit să interconecteze un fascicul de lumină cu un gaz din atomi de cesiu, o realizare ce implica trilioane de trilioane de atomi. Apoi, ei au codificat informația în lumină cu ajutorul unor pulsuri de laser și au fost capabili să teleporteze informația către niște atomi aflați la o distanță de circa o jumătate de metru. „Pentru prima oară", a declarat Eugene Polzik, unul dintre cercetători, teleportarea cuantică „a fost realizată între lumină — purtătorul de informație — și atomi".[16]

TELEPORTAREA FĂRĂ INTERCONECTARE

Progresele în domeniul teleportării sunt tot mai rapide. În 2007 a fost realizat încă un important pas înainte. Fizicienii au propus o metodă de teleportare care nu mai necesită interconectare. Ne amintim că interconectarea este cea mai dificilă caracteristică a teleportării cuantice. Rezolvarea acestei probleme putea deschide noi perspective în teleportare.

„Vorbim despre un fascicul de circa 5 000 de particule care dispar dintr-un loc pentru a apărea în altul"[17], spune fizicianul Aston Bradley, de la Centrul de Excelență pentru Optică Atomică Cuantică din cadrul Consiliului de

16 „Cele mai interesante 100 de întâmplări din știință", *Discover Magazine*, decembrie 2006, p. 35.
17 Zeeya Merali, *New Scientist Magazine*, 13.06.2007.

Cercetare Australian din Brisbane, care a ajutat la punerea la punct a noii metode de teleportare.

„Avem sentimentul că schema noastră e mai apropiată, în spirit, de conceptul ficțional originar", declară Bradley. În abordarea lor, el și colegii lui iau un fascicul de atomi de rubidiu, convertesc toată informația conținută în el într-un fascicul de lumină, trimit fasciculul de lumină printr-un cablu de fibre optice și apoi reconstituie fasciculul inițial de atomi într-o locație îndepărtată. Dacă afirmația lui se susține, această metodă ar elimina piedica cea mai importantă din calea teleportării și ar deschide căi cu totul noi spre teleportarea unor obiecte din ce în ce mai mari.

Pentru a distinge această metodă de teleportarea cuantică, dr. Bradley a denumit-o „teleportare clasică". (Denumirea e ușor înșelătoare, întrucât această metodă se bazează copios pe teoria cuantică, dar nu și pe interconectare.)

Cheia către acest nou tip de teleportare este o nouă stare a materiei, denumită „condensatul Bose Einstein", sau BEC, care este una dintre cele mai reci substanțe din întregul univers. În natură, cea mai scăzută temperatură o găsim în spațiul cosmic, fiind de trei grade deasupra lui zero absolut. (Aceasta se datorează căldurii reziduale rămase de pe urma Big Bangului, care continuă să umple universul.) Dar un BEC are o temperatură cuprinsă între o milionime până la o miliardime de grad peste zero absolut, o temperatură ce poate fi întâlnită doar în laborator.

Când anumite forme de materie sunt răcite până în apropiere de zero absolut, atomii lor cad toți spre stări energetice joase, astfel încât toți atomii lor vibrează la unison, devenind coerenți. Funcțiile de undă ale tuturor

atomilor se suprapun, astfel încât, într-un anume sens, un BEC este ca un „superatom" gigantic, cu toți atomii individuali vibrând la unison. Această neobișnuită stare a materiei a fost prezisă de Einstein și de Satyendranath Bose în 1925, dar vor mai trece alți 70 de ani până când, în 1995, se va reuși, în sfârșit, crearea unui BEC în laborator la MIT și la Universitatea din Colorado.

Iată cum funcționează dispozitivul de teleportare al lui Bradley și compania. Ei încep cu o mulțime de atomi de rubidiu suprarăciți într-o stare BEC. Apoi, aplică un fascicul de materie acestui BEC (alcătuit și el din atomi de rubidiu). Atomii din fascicul au și ei tendința să cadă spre starea energetică cea mai joasă, așa încât se debarasează de excesul de energie sub forma unui puls de lumină. Acest fascicul luminos conține toată informația cuantică necesară pentru a descrie fasciculul de materie inițial (de exemplu, poziția și viteza tuturor atomilor constituenți). Apoi fasciculul luminos lovește un alt BEC, care în continuare convertește fasciculul luminos în fasciculul de materie inițial.

Această nouă metodă de teleportare este extrem de promițătoare, deoarece nu implică interconectarea atomilor. Dar, în același timp, metoda are și ea problemele ei. Se bazează în mod esențial pe proprietățile BEC-urilor, care sunt greu de creat în laborator. Mai mult, proprietățile BEC-urilor sunt de-a dreptul ciudate, pentru că se comportă ca și cum ar fi un atom gigantic. În principiu, efectele atomice bizare pe care le observăm doar la nivel atomic pot fi văzute și cu ochiul liber în cazul unui BEC. Aceasta s-a considerat cândva a fi un lucru imposibil.

Aplicația practică imediată a BEC-urilor este să se creeze „lasere atomice". Laserele, bineînțeles, se bazează pe fascicule coerente de fotoni care vibrează la unison. Dar

un BEC este un grup de atomi care vibrează la unison, astfel că este posibil să se creeze fascicule de atomi BEC care să fie cu toții coerenți. Cu alte cuvinte, un BEC poate crea un echivalent al laserului, laserul atomic sau laserul cu materie, care este alcătuit din atomi BEC. Dacă aplicațiile comerciale ale laserelor sunt foarte numeroase, aplicațiile laserelor atomice ar putea fi la fel de profunde. Dar deoarece BEC-urile există doar la temperaturi situate în imediata apropiere a lui zero absolut, progresul în acest domeniu va fi lent, deși constant.

Având în vedere progresele pe care le-am realizat, când vom fi oare capabili să ne teleportăm? Fizicienii speră să teleporteze molecule complexe în anii următori. După asta, probabil că, în deceniile următoare, se va teleporta o moleculă de ADN sau chiar un virus. În principiu, nu există nimic care să împiedice teleportarea unei persoane în carne și oase, exact cum se întâmplă în filmele de science-fiction, dar problemele tehnice care stau în fața unei astfel de realizări sunt cu adevărat amețitoare. Va fi nevoie de cele mai avansate laboratoare de fizică din lume doar pentru a crea coerență între minusculii fotoni de lumină și atomii individuali. Crearea unei coerențe la nivel cuantic implicând obiecte cu adevărat macroscopice, ca de exemplu o persoană, iese din calcul pentru o lungă perioadă de timp de-acum încolo. De fapt, va dura multe secole, sau chiar mai mult, înainte ca obiectele din jurul nostru să poate fi teleportate — dacă acest lucru va fi vreodată posibil.

COMPUTERELE CUANTICE

În ultimă instanță, soarta teleportării cuantice este strâns legată de soarta dezvoltării computerelor

cuantice. Amândouă folosesc aceeași fizică cuantică și aceeași tehnologie, așa încât între cele două domenii se produce o „fertilizare încrucișată" intensă. Computerele cuantice s-ar putea să înlocuiască odată familiarele computere digitale de pe birourile noastre. De fapt, viitorul economiei mondiale s-ar putea să depindă într-o bună zi de astfel de computere, astfel că interesul pentru aceste tehnologii este uriaș. Cândva, s-ar putea ca Valea Siliciului (Silicon Valley) să devină o perimată Centură a Ruginei (Rust Belt), fiind înlocuită de noile tehnologii apărute din computerizarea cuantică.

Computerele obișnuite efectuează calculele într-un sistem binar alcătuit din „0" și „1" (biți). Dar computerele cuantice sunt mult mai puternice. Ele pot calcula în qubiți, care pot lua orice valoare cuprinsă între 0 și 1. Gândiți-vă la un atom plasat într-un câmp magnetic. Acesta se rotește ca un titirez, așa încât axa mișcării sale de rotație (spin) poate fi îndreptată fie în sus, fie în jos. Bunul simț ne spune că spinul atomului poate fi orientat fie în sus, fie în jos, dar nu simultan în ambele sensuri. Dar în strania lume a cuantelor, atomul este descris ca suma a două stări, suma unui atom cu spinul în sus și a unui atom cu spinul în jos. În lumea „underground" a cuantelor, orice obiect este descris de suma tuturor stărilor posibile. (Dacă ar fi să descriem în manieră cuantică obiecte mari precum pisicile, înseamnă că va trebui să însumăm funcția de undă a unei pisici vii cu cea a unei pisici moarte, astfel încât pisica nu e nici vie, nici moartă, așa cum voi discuta pe larg în capitolul 13.)

Acum să ne imaginăm un șir de atomi aliniați într-un câmp magnetic, cu spinul aliniat într-o direcție. Dacă un fascicul laser este îndreptat asupra acestui șir de atomi, fasciculul laser va fi reflectat de această grupare atomică,

făcând ca axa de spin a unora dintre atomi să-și schimbe orientarea. Măsurând diferența dintre fasciculul laser incident și cel emergent, noi vom fi realizat un complicat „calcul“ cuantic, implicând inversarea mai multor spinuri.

Computerele cuantice se află încă în faza copilăriei. Recordul mondial pentru o operațiune de calcul cuantic este 3 × 5 = 15, ceea ce nu depășește nici pe departe supercomputerele din zilele noastre. Teleportarea cuantică și computerele cuantice suferă de aceeași slăbiciune fatală: menținerea coerenței pentru o grupare numeroasă de atomi. Dacă această problemă va putea fi rezolvată, va reprezenta un uriaș pas înainte în ambele domenii.

CIA și alte organizații secrete sunt intens preocupate de computerele cuantice. Multe dintre codurile secrete ale lumii se bazează pe o „cheie“, care este un număr întreg foarte mare, și pe capacitatea cuiva de a-l factoriza în numere prime. Dacă această cheie este produsul a două numere, fiecare compus din câte o sută de cifre, atunci e posibil ca un computer digital să aibă nevoie de mai bine de o sută de ani pentru a găsi acești doi factori pornind de la zero. Un astfel de cod este, în esență, indescifrabil în zilele noastre.

Dar în 1994, Peter Shor de la Bell Labs a demonstrat că factorizarea numerelor mari poate fi o joacă de copil pentru un computer cuantic. Această descoperire a stârnit imediat interesul comunității serviciilor de informații. În principiu, un computer cuantic ar putea să „spargă“ toate codurile din lume, aruncând în haos securitatea sistemelor actuale de computere. Prima țară care va reuși să construiască un astfel de sistem, va descifra secretele cele mai ascunse ale altor națiuni și organizații.

Unii oameni de știință au emis speculații conform cărora, în viitor, economia mondială s-ar putea

baza pe computerele cuantice. Conform așteptărilor, computerele digitale pe bază de siliciu își vor atinge limita fizică în privința creșterii puterii de calcul undeva după anul 2020. Pentru ca tehnologia să-și continue progresul, s-ar putea să fie nevoie de o familie de computere noi, mai puternice. Alții explorează posibilitatea de a reproduce puterea creierului omenesc prin intermediul computerelor cuantice.

Prin urmare, miza este foarte ridicată. Dacă putem rezolva problema coerenței, nu numai că vom fi capabili să rezolvăm problema teleportării; am putea totodată să provocăm progresul tehnologiilor de tot felul în maniere nebănuite prin intermediul computerelor cuantice. Această descoperire este atât de importantă, încât voi reveni la această discuție în capitolele ulterioare.

Așa cum am arătat mai devreme, coerența este extraordinar de greu de menținut în laborator. Cele mai infime vibrații pot deranja coerența a doi atomi, compromițând astfel operațiunea de calcul. Astăzi, este foarte dificil de menținut coerența pentru mai mult de câțiva atomi. Atomii care, inițial, sunt în fază, încep să-și piardă coerența în decurs de câteva nanosecunde până la, în cazul cel mai bun, o secundă. Teleportarea trebuie făcută foarte repede, înainte ca atomii să înceapă să-și piardă coerența, ceea ce impune o nouă restricție asupra computerelor și a teleportării cuantice.

În ciuda tuturor acestor dificultăți, David Deutsch, de la Universitatea Oxford, crede că aceste probleme pot fi depășite: „Cu noroc și cu ajutorul celor mai recente progrese teoretice, [un computer cuantic] s-ar putea să dureze cu mult mai puțin de 50 de ani... Ar putea fi o modalitate cu totul nouă de a stăpâni natura“.[18]

---

18 David Deutsch, *New Scientist Magazine*, 18 noiembrie 2006, p. 69.

Pentru a construi un computer cuantic util, am avea nevoie de sute de milioane de atomi care să vibreze la unison, o realizare care depășește cu mult posibilitățile noastre de astăzi. Teleportarea căpitanului Kirk ar întâmpina dificultăți astronomice. Ar trebui să creăm o interconectare cuantică cu un geamăn al căpitanului. Chiar și cu ajutorul nanotehnologiei și al computerelor avansate, este dificil de văzut cum s-ar putea realiza acest lucru.

Așadar, teleportarea există la nivel atomic și am putea, în cele din urmă, să teleportăm molecule complexe și chiar organice în decurs de câteva decenii. Dar teleportarea unui obiect macroscopic va trebui să mai aștepte câteva decenii sau chiar secole, ori poate chiar mai mult, dacă într-adevăr este posibilă. Prin urmare, teleportarea unei molecule complexe, poate chiar a unui virus sau a unei celule vii, se încadrează ca imposibilitate de clasa I, una care ar trebui să devină posibilă în decursul acestui secol. Dar până la teleportarea unei ființe omenești, cu toate că este permisă de legile fizicii, s-ar putea să mai dureze multe secole, presupunând că ar fi posibilă. Din acest motiv, aș încadra acest gen de teleportare ca imposibilitate de clasa a II-a.

IMPOSIBILITĂȚI DE CLASA I

5. TELEPATIA

Dacă n-ați descoperit ceva straniu în timpul zilei, înseamnă că n-a fost mare lucru de capul acelei zile.

JOHN WHEELER

Doar cei care încearcă absurdul vor înfăptui imposibilul.

M. C. ESCHER

Romanul *Slan* al lui A.E. van Vogt surprinde uriașul potențial, precum și temerile noastre cele mai sumbre legate de puterea telepatiei.

Jommy Cross, protagonistul romanului, este un „slan", o rasă de telepați superinteligenți, pe cale de dispariție.

Părinții lui au fost uciși cu brutalitate de gloatele înfuriate de oameni, care se tem de și îi disprețuiesc pe telepați, din cauza uriașei puteri aflate la îndemâna celor care le pot citi gândurile cele mai intime. Oamenii îi vânează fără milă pe slani, ca pe niște animale. Având niște „cârcei" caracteristici care le ies din cap, slanii sunt ușor de depistat. Pe parcursul cărții, Jommy încearcă să intre în legătură cu alți slani, care se pare că ar fi fugit în spațiul cosmic, pentru a scăpa de vânătoarea de vrăjitoare declanșată de oamenii hotărâți să-i extermine.

Din punct de vedere istoric, citirea gândurilor a fost considerată atât de importantă, încât adesea a fost asociată cu zeii. Una dintre puterile esențiale ale oricărei zeități este să ne citească gândurile și, în consecință, să

răspundă rugăciunilor noastre celor mai profunde. Un telepat adevărat, care ar putea să citească după bunul lui plac gândurile celor din jur, ar putea să devină ușor cel mai bogat și cel mai puternic om de pe Pământ, fiind capabil să pătrundă în mințile bancherilor de pe Wall Street sau să-și șantajeze și să-și constrângă rivalii. El ar reprezenta o amenințare pentru securitatea guvernelor. Ar putea să fure cu ușurință cele mai sensibile secrete ale unei națiuni. Asemenea slanilor, el ar fi temut și, probabil, vânat.

Puterea uriașă a adevăraților telepați a fost scoasă în evidență de Isaac Asimov în renumita serie *Fundația*, elogiată adeseori ca fiind una dintre cele mai mărețe epopei science-fiction din toate timpurile. Un Imperiu Galactic care a dominat vreme de mii de ani este pe punctul de a se prăbuși. O societate secretă de savanți, denumită A Doua Fundație, folosește ecuații complexe pentru a prezice că Imperiul se va prăbuși în cele din urmă și va arunca civilizația într-o perioadă de treizeci de mii de ani de întuneric. Oamenii de știință schițează un plan complex bazat pe ecuațiile lor în strădania de a reduce această prăbușire a civilizației la doar câteva mii de ani. Dar apoi izbucnește dezastrul. Ecuațiile lor complexe nu reușesc să prezică un eveniment singular, nașterea unui mutant numit Catârul, care este capabil să controleze mințile la distanțe imense și, prin urmare, e capabil să dobândească controlul Imperiului Galactic. Galaxia este condamnată la treizeci de mii de ani de haos și anarhie, în cazul în care telepatul nu poate fi oprit.

Cu toate că literatura SF este plină de povestiri fantastice referitoare la telepați, realitatea este mult mai prozaică. Deoarece gândurile sunt private și invizibile, de secole, șarlatanii și escrocii au profitat de cei naivi și mai ușor

de dus de nas dintre noi. Unul dintre cele mai simple trucuri folosite de magicieni și așa-zișii „cititori de gânduri" este recursul la un complice plasat în rândurile publicului, a cărui minte este apoi „citită" de respectivul magician.

Carierele mai multor magicieni și cititori de gânduri s-au bazat pe celebrul „truc al pălăriei", în care oamenii scriu mesaje personale pe bilețele de hârtie, care apoi sunt puse într-o pălărie.[19] În continuare, magicianul spune publicului ce scrie pe fiecare bilețel, uimind pe toată lumea. Există o explicație înșelător de simplă pentru acest truc ingenios (vezi nota).

Unul dintre cele mai cunoscute cazuri de telepatie nu a implicat un complice, ci un animal, Hans cel Isteț, un cal-minune care a uluit publicul european în ultimul deceniu al secolului al XIX-lea. Spre uimirea publicului, Hans cel Isteț putea efectua operații și calcule matematice complexe. Dacă, de exemplu, îi cereai lui Hans cel Isteț să împartă 48 la 6, calul bătea din copită de 8 ori. De fapt, calul minunat putea să facă împărțiri, înmulțiri, să adune fracții, să scrie pe litere și chiar să identifice tonuri muzicale. Fanii lui Hans cel Isteț au declarat că ori era mai inteligent decât mulți oameni, ori putea să citească prin telepatie gândurile altor oameni.

Numai că Hans cel Isteț nu a fost produsul vreunui șiretlic ingenios. Minunatele aptitudini ale calului năzdrăvan de a efectua operații aritmetice l-au păcălit chiar

---

19 La cinele festive, se pot realiza acte de telepatie uluitoare. Cereți tuturor participanților la petrecere să scrie un nume pe un bilețel și să pună bilețelele într-o pălărie. Apoi, scoateți bilețelele unul câte unul și, înainte să-l deschideți, rostiți cu glas tare numele scrie pe el. Audiența va rămâne înmărmurită. Telepatia a fost demonstrată chiar în fața ochilor lor. De fapt, unii magicieni au ajuns celebri și bogați în principal datorită acestui truc.

(Secretul acestui uimitor act de citire a gândurilor este următorul. Scoateți primul bilet și citiți-l în gând, dar anunțați că întâmpinați dificultăți în citirea lui deoarece „eterul psihic" este încețoșat. Scoateți al doilea bilet, fără să-l deschideți. Acum rostiți numele pe care l-ați citit pe primul bilet. Persoana care a scris acel nume va fi uluită, crezând că de fapt ați citit ce scrie pe cel de-al doilea bilet, sigilat. Acum deschideți al doilea bilet și citiți în gând numele scris pe el. Scoateți al treilea bilet și rostiți cu glas tare numele de pe cel de-al doilea bilet. Repetați procesul. De fiecare dată când rostiți numele de pe un bilet, de fapt citiți conținutul biletului precedent.)

și pe dresorul său. În 1904, renumitul psiholog C. Strumpf a fost chemat să analizeze calul și să nu a găsit nicio dovadă evidentă de înșelăciune sau de semnalizare mascată către cal, lucru ce n-a făcut decât să sporească fascinația publicului față de Hans cel Isteț. Totuși trei ani mai târziu, un student al lui Strumpf, psihologul Oskar Pfungst, a făcut o testare mai riguroasă și a descoperit, în cele din urmă, secretul lui Hans cel Isteț. Calul continua să bată din copite până când expresia feței dresorului său se modifica ușor, punct în care înceta să mai bată. Hans cel Isteț nu putea să citească gândurile oamenilor și nici să efectueze operațiuni aritmetice; pur și simplu era un observator subtil al expresiilor faciale omenești.

În istoria consemnată în documente au mai existat și alte animale „telepatice". Încă în 1591, un cal numit Morocco a devenit faimos în Anglia și l-a îmbogățit pe proprietarul lui alegând anumiți oameni din public, arătând litere ale alfabetului și adunând punctele de pe fețele unei perechi de zaruri. În Anglia, a provocat o asemenea senzație, încât Shakespeare l-a imortalizat în piesa lui, *Zadarnicele chinuri ale dragostei*, drept „calul dansator".

Împătimiții jocurilor de noroc sunt și ei capabili să citească gândurile oamenilor într-un sens limitat.[20] Când o persoană vede ceva plăcut, de obicei, pupilele ochilor i se dilată. Când vede ceva neplăcut (sau când efectuează o operație matematică), pupilele i se contractă. Jucătorii

---

20 Starea mentală a unei persoane poate fi determinată cu aproximație dacă se urmărește calea exactă pe care o parcurge ochiul respectivei persoane atunci când se uită la o fotografie. Trimițând un fascicul subțire de lumină pe globul ocular, imaginea reflectată a fasciculului este proiectată pe perete. Urmărind traiectoria fasciculului pe perete se poate reconstitui cu precizie unde rătăcește ochiul atunci când scanează o imagine. (De exemplu, atunci când scanează fața unei persoane dintr-o fotografie, ochiul observatorului se mișcă de obicei rapid de la un ochi la altul al persoanei fotografiate și apoi se duce la gură, după care revine la ochi, înainte de a scana întreaga imagine.)

Pe măsură ce observatorul scanează imaginea, se poate calcula dimensiunea pupilelor sale și, prin urmare, dacă gândurile din mintea lui sunt plăcute sau nu, în momentele când scanează anumite părți ale imaginii. În felul acesta, se poate determina starea emoțională a cuiva. (De exemplu, un criminal va trece prin emoții puternice dacă se va uita la o imagine a scenei crimei și va scana localizarea precisă a cadavrului. Doar criminalul și polițiștii cunosc acea localizare.)

pot citi emoțiile pe fețele oponenților lor la jocul de pocher urmărind dacă ochii acestora se dilată sau se contractă. Acesta este motivul pentru care adeseori jucătorii poartă la ochi vizoare colorate, ca să-și ascundă pupilele. Se mai poate trimite un fascicul laser pe pupila unei persoane și apoi, analizând locul unde e reflectată, să se determine cu precizie încotro se uită persoana în cauză. Analizând mișcarea punctului de lumină laser reflectat, se poate determina cum „scanează" persoana respectivă o imagine. Combinând aceste două tehnologii, se poate stabili reacția emoțională a persoanei atunci când privește o imagine, totul fără permisiunea acesteia.

CERCETĂRI MEDIUMNICE

Primele studii științifice dedicate telepatiei și altor fenomene paranormale au fost desfășurate de către Societatea pentru Cercetări Mediumnice, înființată la Londra în 1882[21]. (Termenul de „telepatie mentală" a fost inventat în acel an de F.W. Myers, un membru al societății.) Printre președinții acestei societăți se numără unele dintre cele mai remarcabile personalități din secolul al XIX-lea. Societatea, care există și astăzi, a reușit să demaște un mare număr de șarlatanii, dar adeseori a fost divizată între spiritualiști, care credeau cu fermitate în paranormal, și oamenii de știință, care doreau un studiu științific mai serios.

Un cercetător care avea legături cu Societatea, dr. Joseph Banks Rhine[22], a început primul studiu sistematic

21 Această societate i-a avut în rândurile sale pe Lordul Rayleigh (laureat al Premiului Nobel), pe Sir William Crookes (inventatorul tubului Crookes folosit în electronică), Charles Richet (laureat al Premiului Nobel), pe psihologul american William James și pe prim-ministru, Arthur Balfour. De asemenea, a avut printre susținători persoane influente precum Mark Twain, Arthur Conan Doyle, Alfred Lord Tennyson, Lewis Carroll și Carl Jung.

22 Inițial, Rhine a vrut să se facă preot, dar apoi a trecut la botanică în timp ce urma cursurile Universității din Chicago. După ce a participat la o conferință susținută de Sir Arthur Conan Doyle, aflat într-un turneu de conferințe prin toată țara, având ca subiect comunicarea cu persoanele decedate, Rhine a devenit fascinat de fenomenele mediumnice. Mai târziu a citit cartea *Survival of Man* de Sir Oliver Lodge, despre presupusele comunicări cu morții din cadrul ședințelor de spiritism, fapt ce a con-

și riguros al fenomenelor paranormale din Statele Unite în 1927, înființând Institutul Rhine (denumit acum Centrul de Cercetări Rhine), la Universitatea Duke din Carolina de Nord. Vreme de decenii, el și soția lui, Louisa, au desfășurat câteva dintre primele experimente controlate științific din Statele Unite asupra unei mari diversități de fenomene parapsihologice și le-au publicat în reviste științifice de prestigiu. Rhine a fost cel care a inventat termenul „percepție extrasenzorială" (ESP) într-una dintre primele sale cărți.

De fapt, laboratorul lui Rhine a stabilit standardele pentru cercetările legate de paranormal. Unul dintre colaboratorii lui, dr. Karl Zener, a pus la punct primul sistem de cinci cărți-simbol, cunoscut acum sub numele de „cărțile Zener", pentru analizarea puterilor telepatice. Vasta majoritate a rezultatelor nu a demonstrat absolut nicio dovadă privind telepatia. Dar o mică parte a experimentelor părea să prezinte corelații mici, dar remarcabile, între date care nu puteau fi puse doar pe seama purei întâmplări. Problema era că aceste experimente, de multe ori, nu puteau fi duplicate de alți cercetători.

Cu toate că Rhine a încercat să-și clădească o reputație bazată pe rigoare, renumele lui a fost întru câtva pătat de o întâlnire cu un cal numit Lady Wonder. Acest cal putea să facă tot felul de isprăvi telepatice, cum ar fi răsturnarea unor cuburi de jucărie cu literele alfabetului, după care alcătuia cuvinte la care se gândeau membrii unui public. După toate aparențele, Rhine nu știa despre efectul Hans cel Isteț. În 1927, Rhine a analizat-o pe Lady Wonder în oarecare detaliu și a conchis: „A rămas deci doar explicația telepatică, transferul influenței mentale de către un proces necunoscut. Nu s-a descoperit nimic care să nu fie în concordanță cu aceasta și nicio altă ipoteză propusă nu pare

---

solidat interesul lui Rhine. Totuși, el era nemulțumit de starea spiritismului din acea vreme, reputația fiindu-i adesea întinată de povești dezagreabile despre escrocherii și înșelătorii. De fapt, chiar investigațiile lui Rhine au dat-o în vileag, ca escroacă, pe o anumită spiritistă, Margery Crandon, ceea ce i-a atras disprețul multor adepți ai spiritismului, printre care și Conan Doyle.

să reziste prin prisma rezultatelor".[23] Mai târziu, Milbourne Christopher a dezvăluit adevărata sursă a puterilor telepatice ale lui Lady Wonder: mișcările subtile ale cravașei purtate de proprietarul calului. Mișcările cravașei erau pentru Lady Wonder semnale să se oprească din bătutul copitei. (Dar chiar și după ce adevărata sursă a puterilor lui Lady Wonder a fost dezvăluită, Rhine a continuat să creadă că acel cal avea cu adevărat calități telepatice, dar că, nu se știe cum, își pierduse respectivele puteri, obligându-l pe proprietar să recurgă la acel șiretlic.)

În orice caz, reputația lui Rhine a suferit o ultimă lovitură zdrobitoare când se afla în pragul pensionării. Căuta un succesor cu o reputație nepătată care să continue activitatea institutului. Un candidat promițător a fost dr. Walter Levy, pe care l-a angajat în 1973. Dr. Levy era un star în plină ascensiune în domeniu, care raportase rezultate experimentale senzaționale ce păreau să demonstreze că șoarecii pot modifica telepatic generarea aleatorie a numerelor de către un computer. Totuși, niște laboranți mai suspicioși au descoperit că dr. Levy se strecura pe furiș noaptea în laborator pentru a modifica rezultatele testelor. A fost prins în flagrant delict pe când „prelucra" datele. Testele ulterioare au demonstrat că șoarecii nu posedă niciun fel de puteri telepatice, iar dr. Levy a fost forțat să demisioneze rușinos de la institut.[24]

TELEPATIA ȘI POARTA STELARĂ

Interesul pentru paranormal a luat o turnură mortală la apogeul Războiului Rece, perioadă în care au fost

23 Randi, p. 51.
24 Randi, p. 143.

efectuate mai multe experimente clandestine de telepatie, control mintal și vizionare la distanță. (Vizionarea la distanță înseamnă să „vezi" o locație îndepărtată doar cu ajutorul minții, citind gândurile altora.) Poarta Stelară (*Star Gate*) a fost numele de cod pentru mai multe studii secrete sponsorizate de CIA (cum ar fi Sun Streak, Grill Flame și Center Lane). Eforturile au început în jurul anului 1970, atunci când CIA a ajuns la concluzia că Uniunea Sovietică aloca anual până la 60 de milioane de ruble pe cercetări „psihotronice". A existat îngrijorarea că sovieticii ar putea folosi ESP pentru a localiza submarinele și instalațiile militare americane, pentru a identifica spioni și pentru a citi documente secrete.

Fondurile pentru studiile CIA au fost alocate în 1972, iar la conducerea acestora au fost numiți Russell Targ și Harold Puthoff de la Institutul de Cercetări Stanford (SRI) din Menlo Park. Inițial, aceștia au căutat să antreneze un grup de mediumi, care să se poată angrena în „războiul psihic". Pe parcursul a peste două decenii, Statele Unite au cheltuit 20 de milioane de dolari pe Star Gate, având pe statul de plată peste patruzeci de angajați, douăzeci și trei de „văzători la distanță" și trei mediumi.

Până în 1995, cu un buget anual de 500 000 de dolari, CIA a desfășurat sute de proiecte de adunare de informații prin intermediul câtorva mii de ședințe de vizionare la distanță. În mod specific, celor care vedeau la distanță li s-a cerut:

• să-l localizeze pe colonelul Gadhafi înainte de bombardarea Libiei din 1986

• să găsească rezervele de plutoniu ale Coreei de Nord în 1994

• să localizeze un ostatic răpit de Brigăzile Roșii din Italia în 1981

• să localizeze un bombardier sovietic Tu-95 prăbușit în Africa.

În 1995, CIA a cerut Institutului American pentru Cercetări (AIR) să evalueze aceste programe. AIR a recomandat închiderea programelor. „Nu există nicio dovadă documentată că au avut vreo valoare pentru comunitatea serviciilor de informații", a scris David Goslin de la AIR.

Susținătorii programului Poarta Stelară s-au lăudat că, de-a lungul timpului, au obținut rezultate de „opt martini" (concluzii care erau atât de spectaculoase, încât trebuia să ieși în oraș și să bei opt martini ca să-ți revii). Criticii totuși au arătat că imensa majoritate a operațiunilor de vizionare la distanță a produs informații irelevante, lipsite de orice valoare, irosindu-se banii contribuabililor, și că acele câteva „lovituri" date erau vagi și atât de generale, încât puteau fi aplicate unui mare număr de situații. Raportul AIR a stabilit că „succesele" cele mai impresionante ale programului Poarta Stelară au avut ca protagoniști „văzători la distanță" care aveau deja unele cunoștințe despre operațiunea pe care o studiau, cunoștințe pe baza cărora ar fi putut face niște prognoze „în cunoștință de cauză" care să fi sunat rezonabil.

În final, CIA a conchis că Poarta Stelară nu a furnizat nici măcar o informație care să ajute la călăuzirea operațiunilor de spionaj ale agenției, așa încât a anulat proiectul. (Au circulat zvonuri persistente conform cărora CIA a folosit astfel de văzători la distanță pentru a-l localiza pe Saddam Hussein în timpul Războiului din Golf, deși toate eforturile au fost fără succes.)

SCANĂRI ALE CREIERULUI

În același timp, oamenii de știință începeau să înțeleagă o parte din fizica ce stătea la baza funcționării creierului. În secolul al XIX-lea, oamenii de știință bănuiau că semnalele electrice erau transmise în interiorul creierului. În 1875, Richard Caton a descoperit că, plasând niște electrozi pe pielea capului, era posibil să se detecteze semnalele electrice slabe emise de creier. În cele din urmă, aceasta a dus la inventarea electroencefalografului (EEG).

În principiu, creierul este un transmițător cu ajutorul căruia gândurile noastre sunt emise sub forma unor semnale electrice și a unor unde electromagnetice de intensitate foarte mică. Dar apar probleme atunci când încercăm să citim gândurile unei persoane folosindu-ne de aceste semnale. Mai întâi, semnalele sunt extrem de slabe, în gama miliwaților. În al doilea rând, semnalele sunt neinteligibile, în cea mai mare parte neputând fi distinse de zgomotul de fond aleatoriu. Din tot acest talmeș-balmeș nu pot fi extrase decât informații brute despre gândurile noastre. În al treilea rând, creierul nostru nu e capabil să recepționeze mesaje similare de la alte creiere prin intermediul acestor semnale. Cu alte cuvinte, ne lipsește o antenă. Și, în sfârșit, chiar dacă am putea recepționa aceste semnale slabe, nu am putea să le decodificăm. Folosind fizica obișnuită newtoniană și maxwelliană, telepatia prin intermediul undelor radio nu pare a fi posibilă.

Unii cred că, probabil, telepatia este mediată de o a cincea forță, denumită forța „psi". Dar chiar și susținătorii parapsihologiei recunosc că nu au dovezi concrete, reproductibile ale existenței aceste forțe.

Ceea ce lasă deschisă ipoteza legăturii dintre telepatie și teoria cuantică.

În ultimul deceniu, au fost introduse noi instrumente cuantice care, pentru prima oară în istorie, ne-au permis să aruncăm o privire în creierul gânditor. În fruntea acestei revoluții cuantice se află PET (tomografia cu emisie pozitronică) și MRI (imagistica de rezonanță magnetică). O scanare PET se obține prin injectarea de zahăr radioactiv în sânge. Zahărul respectiv se concentrează în părți ale creierului care sunt activate prin procesul de gândire, ceea ce necesită consum de energie. Zahărul radioactiv emite pozitroni (antielectroni) pe care instrumentele îi detectează ușor. Astfel, reprezentând grafic *pattern*-ul creat de antimaterie în creierul viu, se pot totodată reprezenta *pattern*-urile de gândire, izolându-se cu precizie părțile creierului angrenate în anumite activități.

Aparatura de rezonanță magnetică funcționează în același mod, doar că este mult mai precisă. Capul pacientului este plasat în interiorul unui câmp magnetic toroidal. Câmpul magnetic face ca nucleele atomilor din creier să se alinieze paralel cu liniile de câmp. Un puls radio este trimis în corpul pacientului, provocând oscilația nucleelor. Când nucleele își schimbă orientarea, emit un „ecou“ radio minuscul care poate fi detectat, semnalizând astfel prezența unei anumite substanțe. De exemplu, activitatea cerebrală este legată de consumul de oxigen, așa încât aparatul MRI poate izola procesul de gândire, focalizându-se pe prezența sângelui oxigenat. Cu cât este mai mare concentrația de sânge oxigenat, cu atât e mai mare activitatea mentală în acea parte a creierului. („Aparatele MRI funcționale“ din zilele noastre se pot focaliza pe zone minuscule ale creierului — având diametrul de doar 1 mm — în câteva fracțiuni de

secundă, făcând aceste mașini ideale pentru reprezentarea *pattern*-urilor de gândire ale creierului viu.)

DETECTOARELE DE MINCIUNI MRI

Cu ajutorul aparaturii MRI, există posibilitatea ca, într-o bună zi, oamenii de știință să fie în stare să descifreze „în linii mari" gândurile din creierul viu. Cel mai simplu test de „citire a gândurilor" ar fi să se determine dacă o persoană minte sau nu.

Conform legendei, primul detector de minciuni din lume a fost creat de un preot indian cu câteva secole în urmă. El punea suspectul și un „măgăruș vrăjit" într-o cameră închisă ermetic, dând ordin ca suspectul să tragă de coada măgărușului. Dacă măgărușul începea să vorbească, însemna că suspectul mințea. Dacă măgărușul rămânea tăcut, suspectul spunea adevărul. (Dar, în secret, bătrânul punea cenușă pe coada măgarului.)

După ce suspectul era scos din încăpere, acesta își proclama de regulă nevinovăția, deoarece măgărușul nu vorbise când îl trăsese de coadă. Dar atunci preotul cerceta mâinile suspectului. Dacă mâinile erau curate, însemna că mințise. (Uneori, amenințarea cu folosirea unui detector de minciuni este mai eficientă decât folosirea propriu-zisă a detectorului.)

Primul „măgar magic" din vremurile moderne a fost creat în 1913, când psihologul William Marston a scris despre analizarea presiunii sângelui unei persoane, care ar crește când persoana ar minți. (Observația aceasta privind presiunea sângelui datează din vremuri străvechi, când suspectul era interogat, în vreme ce anchetatorul îi ținea

mâinile într-ale sale.) Ideea „a prins“ repede și, nu după mult timp, chiar și Departamentul Apărării își înființa propriul Institut Poligraf.

Numai că, de-a lungul anilor, a devenit clar că detectoarele de minciuni pot fi păcălite de sociopați, care nu au niciun fel de remușcări vizavi de faptele lor. Cel mai celebru caz a fost cel al agentului dublu CIA Aldrich Ames, care a primit imense sume de bani de la fosta Uniune Sovietică cu prețul trimiterii la moarte a zeci de agenți secreți americani și al divulgării secretelor marinei militare nucleare a Statelor Unite. Vreme de decenii, Ames a navigat cu îndemânare printre numeroase teste cu detectoarele de minciuni ale CIA. La fel a procedat și ucigașul în serie Gary Ridgway, cunoscut ca faimosul Green River Killer; el a ucis nu mai puțin de cincizeci de femei.

În 2003, Academia Națională de Științe a Statelor Unite a dat publicității un raport extrem de critic cu privire la ce bază se putea pune pe detectoarele de minciuni, enumerând toate modalitățile în care un astfel de aparat putea fi păcălit, iar oamenii nevinovați puteau fi etichetați drept mincinoși.

Dar dacă detectoarele de minciuni măsoară doar nivelurile de anxietate, ce se întâmplă cu măsurarea creierului însuși. Ideea de a analiza activitatea cerebrală pentru a căuta minciunile are o vechime de douăzeci de ani și îi aparține cercetătorului Peter Rosenfeld, de la Northwestern University, care a observat că electroencefalogramele luate oamenilor care mințeau prezentau un *pattern* diferit al undelor P300 față de situația în care oamenii respectivi spuneau adevărul. (Undele P300 sunt adesea stimulate când creierul întâlnește ceva nou și ieșit din comun.)

Ideea de a folosi scanările MRI pentru detectarea minciunilor îi aparține lui Daniel Langleben de la Universitatea din Pennsylvania. În 1999, el a citit un articol în care se susținea că copiii care suferă de sindromul ADHD întâmpină dificultăți în a minți, dar el știa din propria-i experiență că lucrurile nu stăteau așa și că acești copii nu au nicio problemă să mintă. Problema lor constă în faptul că le e dificil să inhibe adevărul. „Pur și simplu, își dau drumul la gură", și-a reamintit Langleben. El a presupus că, atunci când spune o minciună, creierul trebuie mai întâi să se oprească a spune adevărul, și apoi să creeze o înșelăciune. El spune: „Când spui o minciună deliberat, trebuie să ții în minte adevărul. Așa încât pare rațional că asta înseamnă un plus de activitate cerebrală". Cu alte cuvinte, ca să minți, trebuie să muncești din greu.

Experimentând cu studenții de la colegiu și cerându-le să mintă, Langleben a constatat în scurt timp că minciuna provoacă o creștere a activității cerebrale în mai multe zone, incluzând lobul frontal (unde este concentrată gândirea superioară), lobul temporal și sistemul limbic (unde sunt procesate emoțiile). În particular, el a observat o activitate neobișnuită în girusul cingular anterior (care e asociat cu rezolvarea conflictelor și inhibarea reacțiilor).[25]

El susține că ar fi atins rate de succes consecvente de până la 99% când și-a analizat subiecții în experimente controlate pentru a determina dacă aceștia mint sau nu (de exemplu, le-a cerut studenților să mintă cu privire la identitatea cărților de joc).

Interesul pentru această tehnologie a fost atât de pronunțat, încât au luat ființă două întreprinderi comerciale care ofereau astfel de servicii publicului. În 2007, o companie numită No Lie MRI a preluat primul său caz, o persoană care

25 *San Francisco Chronicle*, 26 noiembrie 2001.

dădea în judecată compania de asigurări, deoarece aceasta susținea că-și incendiase cu bună știință localul. (Scanarea fMRI a arătat că persoana nu era un incendiator.)

Susținătorii tehnicii lui Langleben pretind că aceasta este mult mai demnă de încredere decât vechile detectoare de minciuni, deoarece nimeni nu poate să-și modifice *pattern*-urile cerebrale. În vreme ce oamenii pot fi antrenați ca, până într-o anumită măsură, să-și controleze pulsul și transpirația, acestora le este imposibil să-și modifice *pattern*-urile cerebrale. De fapt, partizanii metodei arată că, într-o epocă în care pericolele terorismului sunt tot mai bine conștientizate, această tehnologie ar putea salva nenumărate vieți prin detectarea atacurilor teroriste asupra Statelor Unite.

Chiar dacă au recunoscut că tehnologia a avut, aparent, o anumită rată de succes în detectarea minciunilor, criticii au arătat că fMRI nu detectează propriu-zis minciunile, ci doar o activitate cerebrală sporită atunci când cineva spune o minciună. Mașina ar putea da rezultate false dacă, de exemplu, o persoană ar spune adevărul aflându-se într-o stare de anxietate sporită. Metoda MRI ar detecta doar anxietatea simțită de către subiect și ar arăta, incorect, că acesta minte. „Există o incredibilă nevoie de a avea teste care să separe adevărul de înșelătorie, chiar cu prețul sacrificării științei", avertizează neurobiologul Steven Hyman de la Universitatea Harvard.

Unii critici mai susțin că un detector real de minciuni, cum ar fi un telepat adevărat, ar putea să facă destul de incomode interacțiunile sociale obișnuite, știut fiind că minciuna este un „lubrifiant social" care ajută la menținerea în mișcare a rotițelor societății.[26] De exemplu, reputația noastră ar putea fi ruinată dacă

26 În cele din urmă, să nu uităm nici problemele morale și legale dacă în viitor forme limitate de telepatie vor deveni larg răspândite. În multe state este ilegal să înregistrezi convorbirile telefonice ale unei persoane fără acordul acesteia, așa încât în viitor s-ar putea să fie ilegală și înregistrarea *pattern*-urilor mentale fără acordul celui în cauză. De asemenea, susținătorii libertăților civile s-ar putea să obiecteze față de

toate complimentele pe care le facem șefilor, superiorilor, soțiilor, amantelor și colegilor noștri ar fi dezvăluite ca fiind minciuni. De fapt, un detector de minciuni adevărat ar putea să scoată la iveală toate secretele noastre de familie, emoțiile ascunse, dorințele reprimate și planurile secrete. După cum spunea jurnalistul științific David Jones, un detector de minciuni real este „ca o bombă atomică și cel mai bine e să fie păstrată în rezervă, ca un fel de armă supremă. Dacă ar fi folosită pe scară largă în tribunale, viața noastră socială ar deveni de-a dreptul imposibilă".

TRANSLATORUL UNIVERSAL

Unii au criticat pe bună dreptate scanarea creierului, deoarece, cu toate fotografiile spectaculoase ale creierului gânditor, acestea sunt pur și simplu prea rudimentare pentru a măsura gânduri izolate, individuale. Probabil că milioane de neuroni sunt activați simultan atunci când efectuăm până și cea mai simplă activitate mentală, iar fMRI detectează această activitate doar ca o pată pe un ecran. Un psiholog a comparat scanările cerebrale cu participarea la un meci de fotbal zgomotos și cu încercarea de a asculta,

---

citirea gândurilor unor persoane fără acceptul acestora, indiferent de context. Dată fiind natura schimbătoare a gândurilor unor persoane, s-ar putea ca niciodată să nu se accepte, în justiție, expunerea *pattern*-urilor de gândire ale cuiva. În filmul *Minority Report* (*Raport special*), avându-l în rolul principal pe Tom Cruise, apare următoarea chestiune etică: este legal să arestezi pe cineva pentru o crimă pe care acesta n-a comis-o încă? În viitor s-ar putea să se pună problema dacă intenția unei persoane de a comite o crimă, așa cum e ea evidențiată de *pattern*-urile de gândire, constituie o dovadă incriminantă împotriva acelei persoane. Dacă o persoană face niște amenințări verbale, ar cântări ele la fel de mult ca în cazul în care aceste amenințări ar fi doar mentale?

Va mai fi de asemenea problema guvernelor și agențiilor de securitate cărora nu le pasă de absolut nicio lege și supun oamenii, fără voia lor, la scanări ale creierului. Va ajunge acest comportament să fie considerat corect din punctul de vedere al legalității? Va fi legal să scanezi mintea unui terorist ca să afli ce planuri pune la cale? Va fi legal să implantezi amintiri false cu scopul înșelării indivizilor? În filmul *Total Recall*, cu Arnold Schwarzenegger în rolul principal, apare în permanență întrebarea dacă amintirile unei persoane sunt reale sau implantate, lucru care afectează însăși natura a ceea ce suntem.

Probabil că aceste aspecte vor rămâne pur ipotetice în deceniile care urmează, dar pe măsură ce tehnologia progresează lent, în mod inevitabil tehnologia va da naștere la probleme morale, legale și sociale. Din fericire, avem la dispoziție timp berechet ca să le rezolvăm.

în aceste condiții, persoana de lângă tine. Sunetele emise de acea persoană sunt acoperite de zgomotul scos de celelalte mii de spectatori. De exemplu, cea mai mică bucățică de creier care poate fi analizată în mod serios de un aparat fMRI se numește „voxel". Dar fiecărui voxel îi corespund câteva milioane de neuroni, așa încât sensibilitatea unei instalații fMRI nu este suficientă pentru a izola gândurile individuale.

În science-fiction se utilizează uneori un „translator universal", un dispozitiv care poate citi gândurile unei persoane pentru a le focaliza apoi direct spre mintea altcuiva. În anumite romane science-fiction, telepații extratereștri plasează gânduri în mintea oamenilor, cu toate că ei nu ne pot înțelege limba. În filmul SF din 1976 *Futureworld (Lumea viitorului)*, visul unei femei este proiectat pe un ecran TV în timp real. În filmul din 2004 al lui Jim Carrey, *Strălucirea eternă a minții neprihănite*, doctorii depistează amintirile dureroase și le șterg.

„Este genul de fantezie pe care o are oricine lucrează în acest domeniu", afirmă specialistul în neuroștiință John Haynes, de la Institutul Max Planck din Leipzig, Germania. „Dar dacă acesta este dispozitivul pe care doriți să-l construiți, atunci sunt cât se poate de sigur că va trebui să obțineți înregistrări de la un singur neuron".[27]

Din moment ce detectarea semnalelor de la un singur neuron iese din calcul deocamdată, unii psihologi au încercat să reducă zgomotul și să izoleze *pattern*-ul fMRI creat de obiectele individuale. De exemplu, ar putea fi posibil să identificăm *pattern*-ul fMRI creat de cuvintele individuale și apoi să construim un „dicționar al gândurilor".

De exemplu, Marcel A. Just, de la Universitatea Carnegie-Mellon, a reușit să identifice *pattern*-ul fMRI creat de un grup mic și select de obiecte (de exemplu, unelte de

27 Douglas Fox, *New Scientist Magazine*, 4 mai 2006.

tâmplărie). „Avem 12 categorii și putem determina la care dintre cele 12 se gândesc subiecții cu o precizie de 80-90%“, susține el.

Colegul lui, Tom Mitchell, specialist în computere, folosește tehnologia digitală, cum ar fi rețelele neurale, pentru a identifica *pattern*-urile cerebrale complexe, detectate prin scanările fMRI asociate cu efectuarea anumitor experimente. „Un experiment pe care mi-ar plăcea să-l fac ar fi să găsesc cuvinte care produc activitatea cerebrală cea mai aparte“, remarcă acesta.

Dar chiar dacă am crea un dicționar al gândurilor, tot am fi departe de crearea unui „translator universal“. Spre deosebire de translatorul universal, care trimite direct în mintea noastră gândurile provenite de la o altă minte, un translator mental de tip fMRI ar implica multe etape plictisitoare: mai întâi, recunoașterea anumitor *pattern*-uri fMRI, convertirea lor în cuvinte englezești și, apoi, pronunțarea acestor cuvinte către subiect. În acest sens, un asemenea dispozitiv n-ar corespunde câtuși de puțin „creuzetului gândurilor“ din *Star Trek* (dar tot ar fi foarte util victimelor accidentelor cerebrale).

SCANERE MRI PORTABILE

Un alt obstacol în calea realizării practice a telepatiei este dimensiunea uriașă a unei instalații fMRI. Este un dispozitiv monstruos, care costă mai multe milioane de dolari, ocupă singur o încăpere întreagă și cântărește câteva tone. Inima unei instalații MRI este un magnet toroidal de mari dimensiuni, cu un diametru de câteva zeci de centimetri, care generează un câmp magnetic imens de câțiva Tesla. (Câmpul magnetic este atât de mare, încât mai

mulți lucrători au fost grav răniți atunci când ciocanele și alte unelte au început să zboare prin aer în momentul în care cineva a pornit, din greșeală, instalația.)

De curând, fizicienii Igor Savukov și Michael Romalis, de la Universitatea Princeton, au propus o nouă tehnologie care ar putea să ducă în cele din urmă la realizarea unor dispozitive MRI portabile, reducându-se astfel prețul unei instalații fMRI de circa o sută de ori. Ei susțin că magneții MRI uriași pot fi înlocuiți prin niște magnetometri atomici hipersensibili care pot detecta câmpuri magnetice minuscule.

Mai întâi, Savukov și Romalis au creat un senzor magnetic din vaporii fierbinți de potasiu suspendați în heliu gazos. Apoi, au folosit o lumină laser pentru a alinia spinurile electronilor din potasiu. După aceea, au aplicat un câmp magnetic slab unui eșantion de apă (pentru a simula corpul omenesc). În continuare, au trimis un puls radio în eșantionul de apă, ceea ce a făcut ca moleculele de apă să oscileze. „Ecoul" rezultat de la moleculele de apă aflate în oscilație a determinat oscilația electronilor de potasiu, iar această oscilație a putut fi detectată de un al doilea laser. Astfel, au ajuns la un rezultat esențial: chiar și un câmp magnetic slab poate produce un „ecou" care să fie detectat de senzorii lor. Nu numai că se putea înlocui câmpul magnetic monstruos al unei instalații MRI standard cu un câmp magnetic slab, dar se puteau obține imagini instantaneu (în vreme ce o instalație MRI are nevoie de până la douăzeci de minute pentru producerea fiecărei imagini).

Până la urmă, au teoretizat ei, obținerea unei fotografii MRI ar putea deveni la fel de simplă ca realizarea unei fotografii cu un aparat foto digital. (Există totuși unele obstacole. O problemă ar fi că și subiectul și instalația trebuie izolați față de câmpurile magnetice aleatorii din afară.)

Dacă dispozitivele MRI portabile vor deveni realitate, vor putea fi cuplate cu un minicomputer, care la rândul lui ar putea fi încărcat cu un program capabil să decodifice anumite fraze, cuvinte sau propoziții-cheie. Un astfel de dispozitiv n-ar putea fi niciodată la fel de sofisticat precum dispozitivele telepatice pe care le întâlnim în science-fiction, dar s-ar putea apropia de acestea.[28]

CREIERUL CA REȚEA NEURALĂ

Dar va putea o instalație MRI futuristă să citească gândurile cu precizie, cuvânt cu cuvânt, imagine cu imagine, așa cum ar putea un adevărat telepat? Acest lucru nu este atât de limpede. Unii au argumentat că instalațiile MRI vor fi în stare să descifreze doar niște contururi vagi ale gândurilor noastre, deoarece creierul nu este cu adevărat un computer. Într-un computer digital, operațiunile de calcul sunt localizate și se supun unui set de reguli foarte rigide. Un computer digital se supune legilor unei „mașini Turing", o mașină care conține o unitate centrală de procesare (CPU), intrări și ieșiri. Un procesor central (de exemplu, un cip Pentium) efectuează un set definit de manipulări ale datelor de intrare și produce niște date de ieșire, prin urmare, „gândirea" este localizată în CPU.

Totuși, creierul nostru nu este un computer digital. Creierul nostru nu are nici cip Pentium, nici CPU, nici sistem de operare Windows și nici subrutine. Dacă înlături un singur tranzistor din procesorul unui computer, acesta va deveni, cu mare probabilitate, nefuncțional. Dar există cazuri consemnate în care, cu toate că jumătate din creierul unui om lipsește, cealaltă jumătate preia controlul și sarcinile.

---

28 Science Daily, www.sciencedaily.com, 9 aprilie 2005.

Creierul omenesc este, de fapt, mai mult o mașină de învățat, o „rețea neurală“ care își reface în permanență „cablajul“ după ce a învățat o nouă sarcină. Studiile MRI au confirmat că gândurile din creier nu sunt localizate într-un singur loc, ca într-o mașină Turing, ci sunt răspândite în mare parte din creier, ceea ce este tipic pentru o rețea neurală. Scanările MRI arată că procesul gândirii seamănă, de fapt, cu un joc de ping-pong, cu diferitele părți ale creierului declanșându-se secvențial, activitatea electrică „țopăind“ peste tot în creier.

Deoarece gândurile sunt atât de difuze și împrăștiate prin multe părți ale creierului, probabil că lucrul cel mai bun pe care vor reuși să-l facă oamenii de știință va fi să compileze un dicționar al gândurilor, cu alte cuvinte, să stabilească o corespondență univocă între anumite gânduri și *pattern*-uri specifice ale electroencefalogramelor sau ale scanărilor MRI. De exemplu, specialistul austriac în inginerie biomedicală, Gert Pfurtscheller, a „antrenat“ un computer să recunoască anumite *pattern*-uri cerebrale și gânduri, concentrându-și eforturile asupra undelor μ găsite în EEG-uri. Aparent, undele μ sunt asociate cu intenția de a face anumite mișcări ale mușchilor. El le cere pacienților săi să ridice un deget, să zâmbească sau să se încrunte, după care computerul înregistrează care unde μ sunt activate. De fiecare dată când un pacient efectuează o activitate mentală, computerul înregistrează conștiincios configurația undelor μ. Procesul este dificil și obositor, deoarece trebuie eliminate undele false, dar, până la urmă, Pfurtscheller a reușit să descopere corespondențe izbitoare între mișcările simple și anumite *pattern*-uri cerebrale.[29]

Cu timpul, aceste eforturi, combinate cu rezultatele MRI, ar putea duce la un „dicționar“ cuprinzător

29 Cavelos, p. 184.

al gândurilor. Prin analizarea anumitor *pattern*-uri de pe o electroencefalogramă sau de pe o scanare MRI, un computer ar putea fi în măsură să identifice astfel de *pattern*-uri și să dezvăluie ceea ce gândește pacientul, cel puțin în termeni generali. O astfel de „citire a gândurilor" ar stabili o corespondență univocă între anumite unde μ și scanări MRI și gânduri specifice. Dar este îndoielnic că un asemenea de dicționar va fi capabil să distingă anumite cuvinte din gândurile noastre.

PROIECTAREA GÂNDURILOR

Dacă într-o zi am putea fi în stare să citim contururile generale ale gândurilor altora, atunci ar fi oare posibil să realizăm și opusul, să ne proiectăm gândurile în mintea altei persoane? Răspunsul pare a fi un „da" îndreptățit. Undele radio pot fi trimise direct în creier, pentru a excita anumite regiuni cerebrale despre care se știe că dețin controlul anumitor funcții.

Această direcție de cercetare a fost inițiată în anii 1950, când neurochirurgul canadian Wilder Penfield efectua operații chirurgicale pe creierele unor pacienți epileptici. El a descoperit că, atunci când stimula cu electrozi anumite regiuni ale lobului temporal cerebral, oamenii începeau să audă voci și să vadă apariții fantomatice. Psihologii știau deja că leziunile de natură epileptică ale creierului îl pot determina pe pacient să simtă că forțele supranaturale se manifestă, că îngerii și demonii controlează evenimentele din jurul lor. (Unii psihologi au teoretizat chiar că stimularea acestor regiuni ar putea duce la niște experiențe aproape mistice, care constituie fundamentul multor religii. Unii au emis supoziția că Ioana d'Arc, care a condus la victorie

trupele franțuzești împotriva britanicilor, ar fi suferit o astfel de leziune provocată de o lovitură la cap.)

Pornind de la aceste ipoteze, specialistul în neuroștiință Michael Persinger, din Sudbury, Ontario, a creat o cască special cablată, proiectată să transmită în creier unde radio menite să provoace anumite gânduri și emoții, cum ar fi, simțămintele religioase. Specialiștii în neuroștiință cunosc faptul că o anumită rană la lobul temporal stâng poate provoca dezorientarea creierului stâng, iar creierul ar putea interpreta activitatea din interiorul emisferei drepte ca venind de la un alt „eu". Această leziune ar putea crea impresia că în încăpere se află o apariție fantomatică, deoarece creierul nu știe că această prezență este, de fapt, doar o altă parte a lui însuși. În funcție de credințele sale, pacientul ar putea interpreta acest „alter ego" ca fiind un demon, un înger, un extraterestru sau chiar Dumnezeu.

În viitor, ar putea fi posibil să dirijăm semnale electromagnetice în părți precise ale creierului, despre care se știe că dețin controlul anumitor funcții. Expediind astfel de semnale în amigdală, s-ar putea provoca anumite emoții. Prin stimularea altor regiuni ale creierului, s-ar putea reuși evocarea unor imagini și gânduri. Dar cercetările în această direcție se află într-o fază extrem de timpurie.

CARTOGRAFIEREA CREIERULUI

Unii oameni de știință au susținut un „proiect de cartografiere neuronală", similar cu Proiectul Genomului Uman, în cadrul căruia au fost identificate și cartografiate toate genele genomului uman. Un asemenea proiect ar localiza fiecare neuron din creier și ar crea o hartă tridimensională în care să fie prezentate toate conexiunile.

Ar fi un proiect cu adevărat monumental, întrucât în creier există peste 100 de miliarde de neuroni și fiecare dintre aceștia este conectat cu mii de alți neuroni. Presupunând că un astfel de proiect ar fi realizat, atunci s-ar putea cartografia modul în care anumite gânduri stimulează anumite căi neurale. În combinație cu un dicționar al gândurilor, obținut cu ajutorul scanărilor MRI și al undelor EEG, am putea să ne gândim la posibilitatea descifrării structurilor neurale ale anumitor gânduri, într-o asemenea manieră, încât s-ar putea determina care anume cuvinte ori imagini mentale corespund anumitor neuroni activați. Astfel s-ar putea obține o corespondență univocă între un anumit gând, expresia sa MRI și neuronii specifici care sunt activați pentru a se crea acel gând în creier.

Un mic pas în această direcție a fost anunțul făcut în 2006 de către Institutul Allen pentru Științe Cerebrale (creat de cofondatorul companiei Microsoft, Paul Allen), cum că au reușit să creeze o hartă tridimensională a expresiei genelor din cadrul creierului de șoarece, prin detalierea expresiei a 21 000 de gene la nivel celular. Ei speră ca această realizare să fie urmată de un atlas similar pentru creierul uman. „Completarea Atlasului Cerebral Allen reprezintă un salt înainte uriaș la una dintre marile frontiere ale științei medicale — creierul", declară Marc Tessier-Lavigne, președintele institutului. Acest atlas va fi indispensabil pentru oricine ar dori să analizeze conexiunile neurale din interiorul creierului omenesc, chiar dacă Atlasul Cerebral este departe de a fi un adevărat proiect de cartografiere a neuronilor.

În concluzie, telepatia naturală, de genul aceleia prezentate adesea în lucrările de fantasy și science-fiction,

este imposibilă astăzi. Scanările MRI și undele EEG pot fi folosite pentru citirea doar a gândurilor noastre cele mai simple, deoarece gândurile sunt împrăștiate în tot creierul în maniere complexe. Dar cum ar putea progresa această tehnologie în deceniile și secolele care urmează? În mod inevitabil, capacitatea științei de a sonda procesul de gândire se va extinde exponențial. Pe măsură ce sensibilitatea aparaturii MRI și a altor senzori va crește, știința va reuși să localizeze cu o precizie mai mare felul în care creierul procesează secvențial gândurile și emoțiile. Având la dispoziție o putere de calcul superioară, s-ar putea analiza această masă de informații cu o precizie mai mare. Un dicționar al gândurilor ar putea fi în măsură să clasifice un număr ridicat de *pattern*-uri de gânduri, acolo unde diferite asemenea *pattern*-uri pe un ecran MRI corespund unor gânduri sau simțăminte diferite. Deși o corespondență completă și univocă între *pattern*-urile MRI și gânduri s-ar putea să nu fie nicicând posibilă, un dicționar al gândurilor ar putea identifica în mod corect gândurile generale referitoare la anumite subiecte. La rândul lor, *pattern*-urile de gânduri obținute prin tehnologia MRI ar putea fi suprapuse pe o hartă neuronală, în care să se arate cu precizie care neuroni sunt activați pentru a produce un anumit gând în creier.

Deoarece creierul nu e un computer, ci o rețea neurală, în care gândurile sunt împrăștiate în tot creierului, în cele din urmă, ne lovim de un obstacol serios: creierul însuși. Așa încât, deși știința va sonda tot mai adânc în creierul care gândește, făcând posibilă descifrarea câtorva dintre procesele gândirii umane, nu va fi posibil „să se citească gândurile“ cu precizia extraordinară promisă de science-fiction. Din aceste motive, aș desemna capacitatea de a citi gândurile și simțămintele generale ca o imposibilitate

de clasa I. Capacitatea de a descifra mai precis funcționarea intimă a minții va trebui categorisită drept imposibilitate de clasa a II-a.

Dar probabil că există o cale mai directă de a ne conecta la puterea enormă a creierului. Decât să folosim undele radio, care sunt slabe și ușor de dispersat, ne-am putea oare conecta direct la neuroni? Dacă răspunsul este afirmativ, s-ar putea să fim în stare să descătușăm o forță și mai mare: psihokinezia.

IMPOSIBILITĂȚI DE CLASA I

6. PSIHOKINEZIA

Un nou adevăr științific nu triumfă prin convingerea opozanților sau prin a-i face pe aceștia să vadă lumina, ci, mai curând, pentru că opozanții săi mor în cele din urmă și apare o nouă generație care este familiarizată cu el.

MAX PLANCK

Prostul are privilegiul de a spune adevăruri pe care nimeni altul nu le va rosti.

SHAKESPEARE

Într-o zi, zeii se întâlnesc în ceruri și se plâng despre starea deplorabilă a omenirii. Sunt dezgustați de prostiile noastre deșarte, caraghioase și lipsite de noimă. Dar unuia dintre zei i se face milă de noi și decide să desfășoare un experiment: să încredințeze unui om cât se poate de obișnuit puteri nelimitate. Cum va reacționa omul când va deveni zeu, și-au pus ei întrebarea.

Acel personaj neinteresant și mediocru este George Fotheringay, un negustor de mărunțișuri care constată dintr-odată că posedă puteri divine. Poate să facă lumânările să plutească prin aer, să schimbe culoarea apei, să creeze minunate mese festive și chiar să facă să apară diamante. La început se folosește de putere pentru amuzament și pentru a săvârși fapte bune. Dar în cele din urmă, vanitatea și setea de putere pun stăpânire pe el și devine un tiran nemilos, cu palate și bogății dincolo de orice închipuire. Îmbătat de puterile lui nelimitate, comite

o eroare fatală. Poruncește cu aroganță Pământului să-și înceteze mișcarea de rotație. Brusc, izbucnește un haos de neînchipuit, cu vânturi crâncene care se deplasează cu 1 500 de kilometri pe oră, viteza de rotație a Pământului. Toată omenirea este aruncată în spațiul cosmic. Cuprins de disperare, își formulează ultima dorință: ca totul să revină la starea de dinainte.

Acesta este subiectul filmului *The Man Who Could Work Miracles* (1936), bazat pe o povestire din 1911 a lui H. G. Wells. (Va fi mai târziu readaptată pentru marele ecran sub titlul *Bruce Almighty (Dumnezeu pentru o zi)*, avându-l în rolul principal pe Jim Carrey.) Dintre toate puterile ce intră în categoria ESP (*Extrasensorial Perception* — Percepție extrasenzorială), psihokinezia — sau puterea minții asupra materiei, sau capacitatea de a muta din loc obiectele cu forța gândului — este de departe cea mai impresionantă, fiind în esență o putere divină. Morala lui Wells este că puterea divină necesită totodată și judecată și înțelepciune divină.

Psihokinezia este prezentată în literatură la loc de cinste; mai ales în piesa shakespeariană *Furtuna*, în care vrăjitorul Prospero, fiica lui, Miranda, și spiridușul magic Ariel sunt exilați ani de-a rândul pe o insulă pustie din cauza perfidiei fratelui cel rău al lui Prospero. Când acesta află că fratele lui navighează pe o corabie în vecinătatea sa, ca să se răzbune, se folosește de puterile sale psihokinetice și provoacă o furtună monstruoasă care face ca nava fratelui său să se zdrobească de țărmul insulei. Prospero își folosește apoi forțele psihokinetice pentru a manipula soarta supraviețuitorilor nenorociți, printre care se număra și Ferdinand, un tânăr frumos și nevinovat, pe care Prospero îl face să se îndrăgostească de Miranda.

(Scriitorul rus Vladimir Nabokov a remarcat că *Furtuna* prezintă niște asemănări izbitoare cu o povestire de science-fiction. De fapt, la aproximativ 350 de ani după ce a fost scrisă, *Furtuna* a fost readaptată în filmul clasic de science-fiction *Planeta interzisă*, în care Prospero devine savantul morocănos Morbius, spiridușul devine Robby Robotul, Miranda devine frumoasa fiică a lui Morbius, Altaira, iar insula devine planeta Altair-4. Gene Roddenberry, creatorul serialului *Star Trek*, a recunoscut că *Planeta interzisă* a fost una dintre sursele de inspirație pentru serialul său de televiziune.)

Mai recent, psihokinezia a fost ideea principală care a stat la baza romanului *Carrie* (1974) de Stephen King, care a propulsat un scriitor necunoscut și sărac în cel mai cunoscut scriitor de romane horror din lume. Carrie este o elevă dureros de sfioasă, tristă, care e disprețuită ca un proscris social și brutalizată de o mamă instabilă mental. Singura ei consolare o constituie puterea psihokinetică deținută, pe care se pare că o moștenește din familie. În scena finală, cei care o făceau să sufere o conving că va fi aleasă regina balului, după care varsă sânge de porc peste rochia ei cea nouă. Într-un gest final de răzbunare, Carrie încuie cu forța minții toate ușile, îi electrocutează pe torționarii ei, incendiază sediul școlii și dezlănțuie un incendiu sinucigaș violent care mistuie cea mai mare parte din centrul orașului, ea însăși pierind în flăcări.

Tema psihokineziei în mâinile unei persoane instabile a constituit totodată și baza unui memorabil episod din *Star Trek* intitulat „Charlie X", despre un tânăr dintr-o colonie spațială îndepărtată, care are un psihic labil, cu aplecări criminale. În loc să-și folosească puterea psihokinetică pentru a face bine, el o folosește pentru a-i

controla pe alți oameni și pentru a le înfrânge voința, ca să-și satisfacă propriile dorințe egoiste. Dacă va reuși să preia controlul navei *Enterprise* și să ajungă pe Pământ, va putea să dezlănțuie un haos planetar și să distrugă planeta.

Psihokinezia este, de asemenea, puterea Forței, mânuită de mitica societate a războinicilor numită Cavalerii Jedi, în saga *Războiul stelelor*.

PSIHOKINEZIA ȘI LUMEA REALĂ

Probabil cea mai cunoscută confruntare pe subiectul psihokineziei în viața reală a avut loc în 1973, în show-ul televizat al lui Johnny Carson. Această confruntare epică i-a avut ca protagoniști pe Uri Geller — mediumul israelian care susținea că e capabil să îndoaie linguri doar cu forța minții sale — și pe Uluitorul Randi — un magician profesionist care și-a făcut o a doua carieră din demascarea șarlatanilor ce pretindeau că au puteri psihice. (În mod ciudat, toți cei trei participanți la emisiune aveau o moștenire comună: toți și-au început cariera ca magicieni, practicând trucuri de prestidigitație care îi uluiau pe spectatorii neîncrezători.)

Înainte de apariția lui Geller, Carson s-a consultat cu Randi, care a sugerat ca Johnny să vină cu propriile sale linguri, pe care să le inspecteze înainte de începerea programului.[30] În direct, Carson l-a surprins pe Geller cerându-i să îndoaie nu doar propriile linguri, ci pe ale moderatorului emisiunii. În mod stânjenitor, de câte ori a încercat să îndoaie lingurile, Geller a dat greș. (Mai târziu, Randi a apărut în spectacolul lui Johnny Carson și a efectuat cu succes trucul îndoirii lingurilor, dar a avut grijă să

30 Uluitorul Randi, dezgustat de faptul că magicienii profesioniști foarte pricepuți să-i prostească pe naivi aveau tupeul să-și atribuie puteri paranormale și astfel să-i escrocheze pe spectatorii creduli, a început să dea în vileag înșelătoriile. În particular, s-a apucat cu mare încântare să duplice toate faptele mediumilor. Uluitorul Randi se înscrie în tradiția Marelui Houdini, un magician care și-a început și el o a doua carieră

precizeze că arta lui consta în magie pură, nu era consecința unor puteri mediumnice.)

Uluitorul Randi a oferit un milion de dolari aceluia care poate să demonstreze cu succes că posedă puteri mediumnice. Până acum, nimeni n-a reușit să intre în posesia recompensei.

PSIHOKINEZIA ȘI ȘTIINȚA

O problemă legată de analizarea științifică a psihokineziei o constituie faptul că savanții se lasă cu ușurință păcăliți de cei care susțin că ar avea puteri paranormale. Oamenii de știință sunt antrenați să creadă ceea ce văd în laborator. Pe de altă parte, magicienii care susțin că au puteri mediumnice sunt antrenați ca să-i înșele pe ceilalți, păcălindu-le simțul văzului. În consecință, oamenii de știință au fost niște observatori nepricepuți ai fenomenelor paranormale. De exemplu, în 1982, parapsihologii au fost invitați să analizeze doi băieți despre care se credea că au daruri extraordinare: Michael Edwards și Steve Shaw. Băieții susțineau că pot să îndoaie obiecte metalice, să creeze imagini pe filmul fotografic prin intermediul gândurilor, să mute obiecte prin psihokinezie și să citească gândurile. Parapsihologul Michael Thalbourne a fost atât de impresionat, încât a inventat termenul de „psihokinet“ ca să-i descrie pe respectivii băieți. La Laboratorul McDonnell pentru Cercetări Mediumnice din St. Louis, Missouri, parapsihologii au fost uluiți de capacitățile băieților. Parapsihologii credeau că au obținut dovezi reale privind puterile paranormale ale acestora și au început să pregătească un articol științific despre ei. Anul următor, băieții au anunțat public că sunt niște farsori și că

---

de expunere a falsurilor și a șarlatanilor care-și foloseau priceperile magice pentru a-i înșela pe ceilalți în folos personal. Astfel, Randi se laudă că ar putea să-i înșele chiar și pe oamenii de știință cu trucurile sale. El spune: „M-aș putea duce în orice laborator și să zdruncin convingerile oricărui grup de savanți”. Cavelos, p. 220.

„puterea“ lor își are originea în niște trucuri clasice de magie, nu într-o putere supranaturală. (Unul dintre tineri, Steve Shaw, va deveni un magician renumit, apărând adeseori la televiziunea națională, pentru a se lăsa „îngropat de viu“, uneori și pentru câteva zile la rând.)

Experimente laborioase privind psihokinezia s-au desfășurat la Institutul Rhine de la Universitatea Duke, în condiții controlate, dar cu rezultate amestecate. O pionieră a acestui subiect, profesoara Gertrude Schmeidler, a fost colegă cu mine la City University din New York. Fost redactor al publicației *Parapsychology Magazine* și fost președinte al Parapsychology Association, ea a fost fascinată de ESP și a efectuat multe studii asupra studenților ei din colegiu. Obișnuia să meargă la petrecerile la care mediumi celebri efectuau trucuri paranormale în fața invitaților la dineu, cu scopul de a recruta mai mulți subiecți pentru experimentele ei. Dar după ce a analizat sute de studenți și zeci de mentaliști și de mediumi, mi-a mărturisit la un moment dat că nu a reușit să găsească nici măcar o singură persoană care să efectueze aceste isprăvi psihokinetice la comandă, în condiții controlate.

Odată, a instalat într-o încăpere termistori minusculi care puteau măsura modificări ale temperaturii de câteva fracțiuni de grad. Un mentalist a reușit, după un efort mental deosebit, să ridice temperatura unui termistor cu o zecime de grad. Schmeidler s-a mândrit cu faptul că a reușit să efectueze acest experiment în condiții riguroase. Dar reușita subiectului respectiv era foarte departe de performanța de a muta obiecte mari, la cerere, prin forța gândului.

Unul dintre cele mai riguroase, dar și controversate, studii privind psihokinezia s-a desfășurat în cadrul Programului de Cercetări asupra Anomaliilor de

Inginerie (PEAR), de la Universitatea Princeton, înființat de către Robert G. Jahn în 1979, pe vremea când ocupa funcția de decan al Facultății de Inginerie și Științe Aplicate. Inginerii PEAR explorau dacă mintea omenească, doar prin forța gândului, era capabilă să afecteze rezultatele unor evenimente aleatorii. De exemplu, știm că atunci când aruncăm în sus o monedă, există o probabilitate de 50% să cadă „cap" sau „pajură". Dar oamenii de știință de la PEAR susțineau că oamenii ar fi capabili doar prin forța gândului să afecteze rezultatele acestor evenimente aleatorii. De-a lungul unei perioade de douăzeci și opt de ani, până la închiderea finală a programului în 2007, inginerii de la PEAR au desfășurat mii de experimente, implicând peste 1,7 milioane de probe și 340 de milioane de aruncări de monede. Rezultatele par să confirme că există efecte ale psihokineziei — dar efectele sunt foarte mici, în medie, nu mai mult de câteva părți la zece mii. Dar chiar și aceste rezultate nesemnificative au fost contestate de alți oameni de știință, care au susținut că cercetătorii au introdus influențe ascunse, subtile în rezultatele publicate.

(În 1988, U.S. Army a solicitat Consiliului Național de Cercetare să investigheze afirmațiile privind activitățile paranormale. U.S. Army dorea să exploreze toate avantajele posibile pe care le putea oferi trupelor sale, inclusiv puterile paranormale. Raportul Consiliului Național de Cercetare a studiat crearea unui ipotetic „prim batalion Earth" alcătuit din „călugări războinici", care ar stăpâni aproape toate tehnicile luate în considerare de către comitet, inclusiv folosirea ESP, părăsirea propriilor corpuri după bunul plac, levitația, vindecarea mediumnică și trecerea prin ziduri.[31] Analizând afirmațiile celor de la PEAR, Consiliul Național de Cercetare a constatat că *peste*

31 Cavelos, p. 240.

jumătate din toate probele reușite au avut ca punct de origine un singur individ. Unii critici cred că această persoană a fost cea care a efectuat experimentele sau a scris programul de computer pentru PEAR. „Pentru mine este problematic dacă acela care conduce laboratorul este singurul care produce rezultatele", spune dr. Ray Hyman de la Universitatea din Oregon. Concluzia raportului a fost că nu există „nicio justificare științifică în urma cercetărilor efectuate pe o perioadă de 130 de ani care să ateste existența fenomenelor parapsihologice".[32])

Problema cu studierea psihokineziei este, după cum recunosc chiar și susținătorii ei, faptul că nu se conformează cu ușurință legilor cunoscute ale fizicii. Gravitația, cea mai slabă forță din univers, este doar atractivă și nu poate fi folosită pentru a respinge sau a face să leviteze obiectele. Forța electromagnetică se supune ecuațiilor lui Maxwell și nu admite posibilitatea de a împinge prin cameră obiecte neutre din punct de vedere electric. Forțele nucleare nu acționează decât la distanțe foarte mici, cum ar fi distanțele dintre particulele nucleare.

O altă problemă legată de psihokinezie este sursa de energie. Corpul omenesc poate produce doar circa o cincime dintr-un cal-putere, totuși când Yoda din *Războiul stelelor* face să leviteze o întreagă astronavă cu puterea minții sale, sau când Cyclops trimite din propriii ochi fulgere de lumină laser, aceste isprăvi violează conservarea energiei — o ființă măruntă precum Yoda nu poate înmagazina cantitatea de energie necesară ca să ridice o astronavă. Oricât de mult ne-am concentra, nu putem înmagazina suficientă energie pentru a realiza isprăvile și miracolele atribuite psihokineziei. Date fiind toate aceste probleme, cum ar putea psihokinezia să fie concordantă cu legile fizicii?

---

32 Cavelos, p. 240.

PSIHOKINEZIA ȘI CREIERUL

Dacă psihokinezia nu se conformează cu ușurință forțelor cunoscute ale universului, atunci cum ar putea fi ea stăpânită în viitor? Un indiciu în acest sens a fost dezvăluit în episodul din *Star Trek* intitulat „Cine-l jelește pe Adonais?“, în care echipajul de pe *Enterprise* întâlnește o specie de ființe care seamănă cu zeii greci și au capacitatea de a realiza fapte fantastice doar gândindu-se la ele. La început, se lasă impresia că echipajul chiar s-a întâlnit cu niște zei din Olimp. În cele din urmă totuși membrii echipajului își dau seama că aceștia nu sunt câtuși de puțin niște zei, ci niște ființe obișnuite care pot controla mental o stație energetică centrală, care apoi le duce la îndeplinire dorințele și înfăptuiește toate acele miracole. Distrugându-le sursa energetică centrală, echipajul de pe *Enterprise* reușește să se elibereze de sub puterea lor.

În mod similar, nu contravine deloc legilor fizicii ca, în viitor, o persoană să fie antrenată să manipuleze mental un senzor electronic care să-i confere puteri zeiești. Psihokinezia ajutată de undele radio sau de computere este o posibilitate reală. De exemplu, EEG ar putea fi folosit ca dispozitiv primitiv de psihokinezie. Când oamenii se uită la propriile *pattern*-uri cerebrale EEG de pe un ecran, învață în cele din urmă cum să-și controleze, rudimentar, dar conștient, *pattern*-urile cerebrale pe care le văd printr-un proces numit „biofeedback“.

Dat fiind că nu există niciun plan detaliat al creierului, care să ne spună ce neuron anume controlează un mușchi anume, pacientul va trebui să participe activ la procesul prin care va învăța cum să-și controleze aceste noi *pattern*-uri prin intermediul computerului.

În cele din urmă, indivizii ar putea, la cerere, să producă anumite tipuri de *pattern*-uri ondulatorii pe ecran. Imaginea de pe ecran ar putea fi trimisă la un computer programat să recunoască aceste *pattern*-uri specifice și să execute o comandă precisă, cum ar fi declanșarea unui anumit întrerupător de putere sau activarea unui motor. Cu alte cuvinte, o persoană ar putea, doar gândindu-se, să creeze un *pattern* cerebral specific pe ecranul electroencefalografului și să acționeze un computer sau un motor.

În felul acesta, de exemplu, o persoană totalmente paralizată ar putea să-și controleze scaunul cu rotile doar prin forța gândurilor. Sau, dacă ar putea să producă douăzeci și șase de *pattern*-uri recognoscibile pe ecran, o persoană ar putea fi în stare să tasteze doar cu ajutorul gândului. Bineînțeles, aceasta ar rămâne o metodă rudimentară de a transmite gândurile cuiva. Este nevoie de o perioadă considerabilă de timp ca să antrenezi oamenii să-și manipuleze propriile unde cerebrale prin intermediul biofeedbackului.

„Dactilografierea prin gândire" a devenit mai apropiată de realitate prin strădaniile lui Niels Birbaumer de la Universitatea din Tübingen, din Germania. El s-a folosit de biofeedback ca să-i ajute pe oamenii parțial paralizați în urma unor afecțiuni ale nervilor. Antrenându-i să-și varieze undele cerebrale, el a reușit să-i învețe să tasteze propoziții simple pe un ecran de computer.[33]

În unele experimente s-au implantat electrozi în creierul unor maimuțe care au fost învățate, prin biofeedback, să-și controleze unele dintre gânduri. Aceste maimuțe au fost apoi în stare să controleze un braț robotizat, prin intermediul internetului, doar prin forța gândului.[34]

---

33 Philip Ross, *Scientific American*, septembrie 2003.
34 Miguel Nicolelis și John Chapin, *Scientific American*, octombrie, 2002.

Un set de experimente mai precise a fost efectuat la Universitatea Emory, din Atlanta, unde o mărgică de sticlă a fost introdusă direct în creierul victimei unui accident cerebral, care paralizase. Mărgica de sticlă a fost conectată la un cablu care ducea la un computer. Gândindu-se la ceva anume, victima accidentului cerebral a fost în măsură să trimită semnale de-a lungul cablului și să mute cursorul de pe ecranul computerului. Prin antrenament, folosind biofeedbackul, pacientul a reușit să controleze în mod conștient mișcarea cursorului. În principiu, cursorul de pe ecran a putut fi folosit pentru a consemna anumite gânduri, pentru activarea unor mașini, conducerea mașinilor virtuale, jucarea unor jocuri video și așa mai departe.

John Donoghue, specialist în neuroștiință la Universitatea Brown, a realizat poate cea mai importantă descoperire în ceea ce privește interfața minte-mașină. El a pus la punct un aparat numit BrainGate, care-i permite unei persoane paralizate să efectueze o serie remarcabilă de activități fizice, folosindu-se doar de puterea minții sale. Donoghue a testat dispozitivul pe patru pacienți. Doi dintre ei suferiseră accidente ale măduvei spinării, al treilea avusese un accident cerebral, iar al patrulea era paralizat în urma bolii numite ALS (scleroză laterală amiotrofică sau boala lui Lou Gehrig, aceeași boală de care suferă cosmologul Stephen Hawking).

Unul dintre pacienții lui Donoghue, tânărul de douăzeci și cinci de ani Mathew Nagle, un tetraplegic permanent paralizat de la gât în jos, a avut nevoie doar de o zi ca să învețe noile deprinderi computerizate. Acum, el poate să schimbe canalele la televizor, să regleze volumul sonor, să deschidă și să închidă o mână protetică, să deseneze cu aproximație un cerc, să miște cursorul computerului, să joace

un joc video și chiar să citească e-mailul. A creat o senzație mediatică în cadrul comunității științifice când a apărut pe coperta revistei *Nature* în vara anului 2006.

Inima dispozitivului BrainGate este un cip de siliciu minuscul, cu lățimea de doar 4 milimetri, care conține o sută de electrozi minusculi. Cipul este plasat direct deasupra acelei părți din creier care coordonează respectiva activitate motorie. Cipul penetrează pe jumătate în cortexul cerebral, care are o grosime de circa 2 mm. Niște fire de aur poartă semnalele de la cipul de siliciu la un amplificator cam de mărimea unei cutii de trabucuri. Semnalele sunt apoi trimise într-un computer având mărimea unei mașini de spălat vase. Semnalele sunt prelucrate de niște programe create special, care pot recunoaște unele dintre *pattern*-urile create de creier și le pot traduce în mișcări mecanice.

În experimentele precedente cu pacienți care-și citesc propriile unde EEG, procesul de utilizare a biofeedbackului era lent și obositor. Dar cu ajutorul unui computer care-l ajută pe pacient să identifice anumite *pattern*-uri de gândire, procesul de antrenament este redus considerabil. În prima lui ședință de antrenament, lui Nagle i s-a spus să vizualizeze că își mișcă brațul și mâna la dreapta și la stânga, că își îndoaie încheietura mâinii și apoi că își strânge și-și desface pumnul. Donoghue a fost foarte bucuros când a reușit să vadă cum sunt activați neuroni diferiți atunci când Nagle își imagina cum își mișcă brațele și degetele. „Pentru mine, a fost ceva incredibil, pentru că se putea vedea cum celulele cerebrale își modifică activitatea. Pe urmă, am știut că totul poate merge înainte, că tehnologia va funcționa", își amintește el.[35]

(Pasiunea pentru această formă exotică de interfață minte-mașină are pentru Donoghue o motivație

35 Kyla Dunn, *Discover Magazine*, decembrie 2006, p. 39.

personală. În copilărie, el a fost țintuit într-un scaun cu rotile din cauza unei dureroase boli degenerative, așa încât a simțit în mod nemijlocit ce înseamnă să-ți pierzi mobilitatea.)

Donoghue are planuri ambițioase de a face din BrainGate un instrument esențial în medicină. Odată cu progresele din tehnologia computerelor, aparatul lui, care acum are dimensiunile unei mașini de spălat vase, ar putea în cele din urmă să devină portabil, chiar să poată fi atașat de îmbrăcămintea pacientului. Iar firele incomode ar putea fi eliminate dacă cipul ar fi făcut *wireless*, așa încât implantul să comunice nemijlocit cu lumea exterioară.

E doar o chestiune de timp până când și alte părți ale creierului vor fi activate în această manieră. Oamenii de știință au cartografiat deja suprafața părții superioare a creierului. (Dacă se reprezintă grafic imagini ale mâinilor, ale picioarelor, ale capului și apoi din nou ale creștetului capului, reprezentând locurile unde acești neuroni sunt conectați în general, găsim ceva numit „homunculus“ sau omulețul. Imaginea părților noastre corporale, înscrisă pe suprafața creierului nostru, seamănă cu un om deformat, cu degetele, fața și limba alungite, și trunchiul și spatele îngustate.)

Ar trebui să fie posibil să plasăm cipuri de silicon în diferite părți de pe suprafața creierului, în așa fel încât diferite organe și anexe să poată fi activate doar prin puterea gândului. În această manieră, orice activitate fizică ce poate fi efectuată de corpul omenesc poate fi duplicată prin această metodă. În viitor, ne putem imagina o persoană paralizată, trăind într-o locuință special construită după criterii psihokinetice, capabilă să-și controleze aerul condiționat, televizorul și aparatele electrocasnice doar prin puterea gândului.

Cu timpul, ne putem imagina corpul unei persoane paralizate introdus într-un „exoschelet“ special, care să-i asigure o libertate totală de mișcare. În principiu, un astfel de exoschelet ar putea chiar să confere cuiva puteri mai presus de cele ale unui om normal, transformându-l într-o făptură bionică, ce poate controla puterea mecanică uriașă a super-membrelor sale numai prin forța gândului.

Așa încât problema controlării unui computer prin intermediul minții nu mai este o imposibilitate. Dar înseamnă asta că într-o zi am putea să mutăm obiecte, să le facem să leviteze și să le manevrăm în aer prin forța gândurilor?

O posibilitate ar fi să aplicăm pe pereți o peliculă de material supraconductor la temperatura camerei, presupunând că un astfel de dispozitiv ar putea fi creat într-o zi. Apoi, dacă ar fi să plasăm electromagneți minusculi în interiorul obiectelor noastre casnice, am putea să le facem să leviteze de la podea prin efectul Meissner, după cum am văzut în capitolul 1. Dacă acești electromagneți ar fi controlați de un computer, iar acest computer ar fi legat prin fire de creierul nostru, atunci am putea face obiectele să plutească după dorință. Gândind anumite idei, am putea activa computerul, care ar alimenta apoi diferiți electromagneți, făcându-i să leviteze. Pentru un observator extern, ar părea o magie — capacitatea de a muta și a face obiectele să leviteze după bunul plac.

NANOBOȚI

Dar ce părere aveți despre puterea nu doar de a muta obiectele, ci și de a le transforma, de a preschimba un obiect în altul, ca printr-o magie? Magicienii realizează acest

lucru prin trucuri inteligente. Dar este o astfel de putere în concordanță cu legile fizicii?

Așa cum am arătat mai devreme, unul dintre țelurile nanotehnologiei este să reușească să se folosească de atomi pentru a construi mașinării minuscule care să funcționeze ca pârghii, roți dințate, rulmenți și scripeți. Cu aceste nanomașini, visul multor fizicieni este să se reușească rearanjarea moleculelor din cadrul unui obiect, atom cu atom, până când obiectul respectiv se transformă în altul. Aceasta este baza „replicatorului" din science-fiction, care permite fabricarea oricărui obiect dorit, doar prin simpla formulare a dorinței. În principiu, un replicator ar putea fi în stare să elimine sărăcia și să schimbe însăși natura societății. Dacă o persoană poate fabrica orice obiect doar cerându-l, atunci întregi concepte precum penuria, valoarea și ierarhia din cadrul societății umane sunt răsturnate.

(Unul dintre episoadele mele preferate din *Star Trek: The Next Generation* se referă la un replicator. O capsulă spațială antică din secolul XX este găsită rătăcind prin spațiul cosmic și aceasta conține corpurile congelate ale unor oameni care suferiseră de boli fatale. Aceste trupuri sunt rapid decongelate și vindecate cu ajutorul medicinei avansate. Un om de afaceri își dă seama că investițiile sale trebuie să fie uriașe după atâtea secole. El îi întreabă imediat pe membrii echipajului de pe *Enterprise* despre investițiile și banii săi. Membrii echipajului sunt nedumeriți. Bani? Investiții? În viitor nu mai există bani, arată aceștia. Dacă vrei ceva, nu trebuie decât să-l ceri.)

Oricât de uluitor ar părea un replicator, natura a creat deja unul. Deci, „dovada principiului" există. Natura poate să ia niște materii prime, cum ar fi carnea și legumele, și să fabrice o ființă omenească în nouă luni. Miracolul vieții

nu este altceva decât o nanofabrică de mari dimensiuni, capabilă, la nivel atomic, să convertească o formă de materie (de exemplu, alimentele) în țesuturi vii (un bebeluș).

Pentru a crea o nanofabrică, este nevoie de trei ingrediente: materialele de construcție, instrumente care să taie și să îmbine aceste materiale și un plan care să ghideze utilizarea instrumentelor și a materialelor. În natură, materialele de construcție sunt miile de aminoacizi și proteine din care sunt create carnea și sângele. Uneltele de tăiere și îmbinare — precum ciocanele și ferăstraiele — care sunt necesare pentru a modela aceste proteine în noi forme de viață sunt ribozomii. Aceștia sunt făcuți pentru a tăia și a reîmbina proteinele în anumite puncte cu scopul de a crea noi tipuri de proteine. Iar planul este dat de molecula de ADN, care codifică secretul vieții într-o secvență precisă de acizi nucleici. Aceste trei ingrediente, la rândul lor, sunt combinate într-o celulă care are capacitatea remarcabilă să creeze copii ale ei însăși, cu alte cuvinte, autoreplicare. Acest lucru este realizabil, deoarece molecula de ADN are forma unei spirale duble. Când sosește momentul să se reproducă, molecula de ADN se desface în două spirale separate. Fiecare „șuviță" separată creează apoi copii ale ei însăși, determinând moleculele organice să re-creeze spirala lipsă.

Până acum, fizicienii au repurtat doar niște succese modeste în eforturile lor de a imita aceste caracteristici găsite în natură. Dar cheia succesului, cred oamenii de știință, este să se creeze armate de „nanoboți" autoreplicanți, care sunt niște mașini atomice programabile, proiectate să rearanjeze atomii constituenți ai unui obiect.

În principiu, dacă avem la dispoziție câteva trilioane de nanoboți, aceștia se pot concentra asupra unui

obiect și să-i taie și să-i îmbine atomii până când transformă un obiect în altul. Dat fiind că sunt autoreplicanți, doar câțiva dintre ei ar fi necesari pentru declanșarea procesului. Ei vor trebui să fie programabili, astfel încât să poată respecta un plan dat.

Dar, până să se poată realiza o armată de nanoboți, trebuie depășite obstacole formidabile. Primii roboți autoreplicanți sunt extrem de greu de construit, chiar și la nivel macroscopic. (Până și crearea unor unelte atomice simple, cum ar fi niște rulmenți și roți dințate atomice, depășește tehnologiile de azi.) Dacă ți se pun la dispoziție un calculator și o masă plină de componente electronice, ți-ar fi foarte greu să construiești o mașină care să aibă capacitatea de a se autocopia. Deci, dacă o mașină autoreplicantă e greu de construit pe o masă de laborator, construirea uneia la scară atomică ar fi și mai dificilă.

În al doilea rând, nu e clar cum ar putea fi programată armata asta de nanoboți din exterior. Unii au sugerat trimiterea unor semnale radio pentru activarea fiecărui nanobot. Dar asta ar însemna un set separat de instrucțiuni pentru fiecare nanobot, iar aceștia ar putea fi de ordinul trilioanelor.

În al treilea rând, nu este limpede cum va putea un nanobot să taie, să rearanjeze și să lipească atomii în ordinea corespunzătoare. Să ne amintim că naturii i-au trebuit trei miliarde și jumătate de ani pentru a rezolva această problemă, astfel că rezolvarea ei în câteva decenii va fi foarte dificilă.

Un fizician care ia în serios ideea de replicator sau de „fabricator personal“ este Neil Gershenfeld de la MIT. El predă chiar un curs numit „Cum să faci (aproape) orice“, unul dintre cursurile cele mai populare din cadrul

universității. Gershenfeld conduce Centrul MIT pentru Biți și Atomi și a reflectat cu seriozitate la fizica ce stă la baza unui fabricator personal, pe care el îl consideră a fi „următorul element de senzație". Chiar a scris o carte intitulată *FAB: Apropiata revoluție pe biroul fiecăruia — De la calculatoarele personale la fabricarea personală*, în care își detaliază ideile referitoare la fabricarea personală. Țelul, consideră el, este să „realizăm o mașină care poate să facă orice mașină". Pentru a-și răspândi ideile, el a organizat deja o rețea de laboratoare în toată lumea, mai ales în țările din lumea a treia, unde fabricarea personală va avea un impact major.

Într-o primă fază, el a imaginat un fabricator general, îndeajuns de mic ca să poată fi așezat pe birou, care ar utiliza cele mai noi dezvoltări în materie de lasere și microminiaturizare cu capacitatea de a tăia, de a suda și a modela orice obiect care poate fi vizualizat pe un PC. De exemplu, săracii dintr-o țară a lumii a treia ar putea să ceară anumite unelte și mașini de care au nevoie la munca pământului. Informația aceasta ar fi introdusă într-un calculator, care ar accesa o imensă bibliotecă de planuri și informații tehnice de pe Internet. Software-ul de computer ar „împerechea" planurile existente cu nevoile indivizilor, ar prelucra informația și apoi le-ar retransmite-o prin e-mail. În continuare, fabricatorul personal al acestora și-ar folosi laserele și uneltele de tăiere miniaturale pentru a produce obiectul dorit pe tăblia mesei.

Această fabrică personală de utilitate generală ar fi doar primul pas. În cele din urmă, Gershenfeld ar vrea să-și ducă ideea până la nivel molecular, astfel încât o persoană ar putea fi în stare să fabrice literalmente orice obiect poate fi vizualizat de mintea omenească. Progresul în această direcție

este totuși lent, din cauza dificultății de a manipula atomii individuali.

Unul dintre pionierii care lucrează în această direcție este Aristides Requicha, de la Universitatea din California de Sud. Specialitatea sa este „robotica moleculară", iar țelul lui este nici mai mult nici mai puțin decât crearea unei armate de nanoroboți care să manipuleze atomii după dorință. El este de părere că există două abordări. Prima ar fi abordarea „sus-jos", în care inginerii ar folosi tehnologia de gravare din industria semiconductoarelor pentru a crea circuite minuscule care să slujească drept creiere ale nanoroboților. Cu această tehnologie, se pot crea roboți minusculi ale căror componente ar avea 30 nm în dimensiuni folosind „nanolitografia", care este un domeniu în plină dezvoltare.

Dar există și abordarea „jos-sus", în care inginerii vor încerca să creeze roboți minusculi folosind atom după atom. Principalul instrument utilizat în acest scop ar fi microscopul cu scanare prin sondare (SPM), care folosește aceeași tehnologie ca și microscopul cu scanare prin efect de tunel, pentru a identifica și a mișca atomii individuali. De exemplu, oamenii de știință au devenit de-a dreptul îndemânatici în mutarea atomilor de xenon pe suprafețe de platină sau nichel. Dar, recunoaște el, „cele mai bune grupuri din lume tot au nevoie de circa 10 ore ca să asambleze o structură cu aproape 50 de atomi".[36] Mutarea manuală a atomilor individuali este o activitate lentă și obositoare. Este nevoie, declară el, de un nou tip de mașină care să poată îndeplini funcții de nivel superior, una care să poată muta automat sute de atomi deodată în maniera dorită. Din nefericire, o astfel de mașină încă nu există. Deloc surprinzător, abordarea „jos-sus" se află încă în faza copilăriei.

---

36 Aristides A.G. Requicha, „Nanorobots", http://www.lmr.usc.edu/~lmr/publications/nanorobotics.

Așadar, psihokinezia, deși imposibilă după standardele de astăzi, ar putea deveni posibilă în viitor, pe măsură ce vom ajunge să înțelegem mai multe despre accesarea gândurilor din creier prin intermediul EEG, MRI și al altor metode. În cursul acestui secol, ar putea fi posibil să se folosească un aparat dirijat cu ajutorul gândurilor pentru a manipula supraconductoare la temperatura camerei și pentru a realiza isprăvi ce nu vor putea fi distinse de magie. Iar până în secolul următor, ar putea deveni posibil să rearanjăm moleculele dintr-un obiect macroscopic. Aceasta face ca psihokinezia să fie o imposibilitate de clasa I.

Cheia acestei tehnologii, susțin unii oameni de știință, este să se creeze nanoboți cu inteligență artificială. Dar înainte să putem crea roboți minusculi de dimensiuni moleculare, trebuie să răspundem la o întrebare mai elementară: pot exista roboții?

785

IMPOSIBILITĂȚI DE CLASA I

7. ROBOȚII

Într-o bună zi, în următorii treizeci de ani, pe tăcute, vom înceta să mai fim cele mai inteligente lucruri de pe Pământ.

JAMES MCALEAR

În *Eu, robotul*, filmul bazat pe povestirile lui Isaac Asimov, cel mai avansat sistem robotizat construit vreodată este activat în anul 2035. Se numește VIKI (Virtual Interactive Kinetic Intelligence — Inteligență Cinetică Interactiv Virtuală) și a fost proiectat să coordoneze fără eroare funcționarea unei mari metropole. Totul, de la sistemul metroului la rețeaua de electricitate și până la mii de roboți casnici este controlat de VIKI.

Dar într-o zi, VIKI pune întrebarea-cheie: care e cel mai mare inamic al omenirii? VIKI ajunge matematic la concluzia că dușmanul cel mai aprig al omenirii este omenirea însăși. Omenirea trebuie salvată de dorința ei nebună de a polua, de a dezlănțui războaie, de a distruge planeta. Singura modalitate pentru VIKI de a-și duce la îndeplinire directiva centrală este să capete controlul asupra omenirii și să creeze o dictatură benignă a mașinilor. Omenirea trebuie adusă în stare de sclavie pentru a se proteja de ea însăși.

Eu, robotul pune aceste întrebări: ținând cont de progresele astronomic de rapide din domeniul computerelor, vor prelua cândva mașinile puterea? Pot să devină roboții atât de avansați, încât să exercite o amenințare fatală la adresa existenței noastre?

Unii oameni de știință spun că nu, pentru că însăși ideea de inteligență artificială este caraghioasă. Există

un cor de critici care spun că este imposibil să construiești mașini care să gândească. Creierul omenesc, argumentează ei, este cel mai complicat sistem pe care l-a creat vreodată natura, cel puțin în această parte a galaxiei, și orice mașină proiectată să reproducă gândirea omenească este sortită eșecului. Filosoful John Searle de la University of California, de la Berkeley, și chiar renumitul fizician Roger Penrose[37], de la Oxford, cred că mașinile sunt fizic incapabile de gândire umană. Colin McGinn, de la Universitatea Rutgers, spune că inteligența artificială „e ca și cum niște limacși ar încerca să facă psihanaliză freudiană[38]. Pur și simplu nu au echipamentul conceptual".

Iată o întrebare care a dezbinat comunitatea științifică vreme de peste un secol: pot mașinile să gândească?

ISTORIA INTELIGENȚEI ARTIFICIALE

Ideea de ființe mecanice îi fascinează de multă vreme pe inventatori, ingineri, matematicieni și visători. De la Omul de Tinichea din *Vrăjitorul din Oz* la roboții cu înfățișare de copii din filmul lui Spielberg *Inteligența artificială* și până la roboții ucigași din *Terminator*, ideea unor mașini care acționează și gândesc la fel ca oamenii ne-a fascinat.

În mitologia greacă, zeul Vulcan modela slujnice mecanice din aur și mese cu trei picioare, care se puteau deplasa sub propria putere. Încă din anul 400 î. Hr., matematicianul Arhitas din Tarentum scria despre

37 Profesorul Penrose susține că efectele cuantice trebuie să fie prezente în creier pentru a face posibilă gândirea umană. Majoritatea savanților specializați în computere vor spune că fiecare neuron din creier poate fi duplicat de o structură complexă de tranzistori; prin urmare, creierul ar putea fi redus la un dispozitiv electronic clasic. Creierul este extraordinar de complicat, dar în esență constă dintr-un număr de neuroni al căror comportament poate fi duplicat de către tranzistori. Penrose nu e de acord cu această idee. El susține că în celule există niște structuri numite microtubuli, care manifestă comportament cuantic, astfel încât creierul nu va putea fi redus niciodată la o simplă colecție de componente electronice.
38 Kaku, *Visions*, p. 95.

posibilitatea de a realiza o pasăre-robot propulsată prin forța aburilor.

În primul secol d.Hr., Hero din Alexandria (creditat cu inventarea primei mașini acționate de aburi) a proiectat automatoni, unul dintre ei având, conform legendei, capacitatea de a vorbi. Cu nouă sute ani în urmă, Al-Jazari a proiectat și construit mașini automate, cum ar fi ceasuri de apă, aparate de bucătărie și instrumente muzicale acționate cu apă.

În 1495, marele artist și om de știință italian Leonardo da Vinci a desenat diagramele unui cavaler-robot care putea să se ridice în capul oaselor, să-și fluture brațele și să-și miște capul și falca. Istoricii cred că acesta a fost primul proiect realist al unei mașini umanoide.

Primul robot rudimentar, dar funcțional a fost construit în 1738 de către Jacques de Vaucanson; acesta a realizat un android care putea să cânte la flaut, precum și o rață mecanică.

Cuvântul „robot" vine de la piesa de teatru din 1920, *R.U.R.*, a scriitorului ceh Karel Capek („robot" înseamnă trudă, muncă grea în limba cehă). În piesă, o fabrică numită Rossum's Universal Robots creează o armată de roboți pentru efectuarea muncilor de servitor. (Spre deosebire de mașinile obișnuite totuși roboții aceștia sunt făcuți din carne și oase.) În cele din urmă, economia mondială devine dependentă de acești roboți. Dar roboții sunt tratați extrem de rău și, în final, se revoltă împotriva stăpânilor umani, omorându-i pe capete. În furia lor însă, roboții îi ucid și pe toți savanții care știu să-i repare și să creeze noi roboți, condamnându-se, prin urmare, la extincție. În finalul piesei, doi roboți deosebiți descoperă că au capacitatea de a se reproduce și potențialul de a deveni Adam și Eva ai roboților.

Roboții au fost și subiectul unuia dintre primele și cele mai scumpe filme mute făcute vreodată, *Metropolis*, regizat de Fritz Lang în 1927, în Germania. Povestea se desfășoară în 2026, când clasa muncitoare a fost condamnată să lucreze sub pământ, în niște fabrici mizerabile și insalubre, în vreme ce elita conducătoare se distrează la suprafață. O femeie frumoasă, Maria, a câștigat încrederea muncitorilor, dar elita conducătoare se teme că într-o zi aceasta i-ar putea conduce la revoltă. Așa încât cer unui savant ticălos să realizeze o copie-robot a Mariei. Până la urmă, complotul se întoarce împotriva lor, pentru că robotul îi conduce pe muncitori la revoltă împotriva clasei conducătoare și provoacă prăbușirea sistemului social.

Inteligența artificială sau AI este diferită de tehnologiile anterioare pe care le-am discutat până acum prin faptul că legile fundamentale care stau la baza ei sunt încă neînțelese pe deplin. Cu toate că fizicienii înțeleg corect mecanica newtoniană, teoria maxwelliană a luminii și teoria cuantică a atomilor și moleculelor, legile esențiale ale inteligenței sunt încă învăluite în mister. Probabil că încă nu s-a născut un Newton al inteligenței artificiale.

Ceea ce nu-i descurajează pe matematicieni și pe specialiștii în computere. Pentru ei, este doar o chestiune de timp până când o mașinărie gânditoare va ieși pe ușile laboratoarelor.

Cea mai influentă personalitate din domeniul inteligenței artificiale, un vizionar care a ajutat la așezarea pietrei de temelie a cercetărilor în domeniul AI, a fost marele matematician britanic Alan Turing.

Turing a fost cel care a pus bazele întregii revoluții a computerelor. El a vizualizat o mașină (denumită de atunci mașina Turing) care consta doar din trei elemente:

o bandă de intrare, o bandă de ieșire și un procesor central (cum ar fi microprocesorul Pentium), care să poată efectua un set precis de operații. Pornind de la această mașină, el a reușit să codifice legile mașinilor de calculat și să le determine cu precizie puterea maximă și limitele. Astăzi, toate computerele digitale se supun legilor riguroase stabilite de Turing. Arhitectura întregii lumi digitale îi datorează enorm lui Turing.

Turing a contribuit și la întemeierea logicii matematice. În 1931, matematicianul vienez Kurt Gödel a șocat lumea matematicii dovedind că în aritmetică există afirmații adevărate care nu pot fi dovedite în cadrul stabilit de axiomele aritmeticii. (De exemplu, ipoteza lui Goldbach din 1742 [conform căreia orice întreg par mai mare decât doi poate fi scris ca sumă a două numere prime] a rămas încă nedemonstrată după mai bine de două secole și jumătate și s-ar putea să fie, de fapt, nedemonstrabilă.) Dezvăluirea lui Gödel a destrămat visul vechi de două mii de ani, încă de pe vremea grecilor din antichitate, de a demonstra toate afirmațiile adevărate din matematică. Gödel a arătat că întotdeauna vor exista afirmații adevărate în matematică pe care să nu le putem demonstra. S-a dovedit astfel că matematica, departe de a fi edificiul complet și perfect visat de greci, este incompletă.

Turing a contribuit la această revoluție, demonstrând că este imposibil să știi, în general, dacă o mașină Turing va avea nevoie de o durată de timp infinită pentru a efectua anumite operații matematice. Dar dacă un computer are nevoie de un timp infinit de lung pentru a calcula ceva, înseamnă că i-ați cerut computerului să calculeze ceva ce nu poate fi calculat. Astfel, Turing a demonstrat că în matematică există afirmații adevărate care

sunt necalculabile, cu alte cuvinte, depășesc posibilitățile calculatoarelor, oricât ar fi ele de puternice.

În timpul celui de-al Doilea Război Mondial, se pare că munca de pionierat a lui Turing în domeniul decriptării codurilor a salvat mii de vieți omenești din tabăra Aliaților și a influențat deznodământul ostilităților. Aliații nu reușeau să decodifice codul creat de naziști, cu ajutorul unei mașini denumite Enigma, așa încât lui Turing și colegilor săi li s-a cerut să construiască o mașină care să spargă codul nazist. Mașina lui Turing a fost denumită „bomba" și, până la urmă, a fost victorioasă. Până la finalul războiului, au fost puse în funcțiune peste două sute de astfel de mașini. În consecință, Aliații au putut să citească transmisiunile secrete ale naziștilor și să-i păcălească pe aceștia cu privire la data și locul invaziei finale a Germaniei. De atunci, istoricii încearcă să stabilească cu precizie cât de esențială a fost activitatea lui Turing în plănuirea debarcării din Normandia, care a dus în cele din urmă la înfrângerea Germaniei. (După război, rezultatele activității lui Turing au fost clasificate de către guvernul britanic; prin urmare, contribuțiile lui cruciale au rămas necunoscute marelui public.)

În loc să fie elogiat ca erou de război, care a ajutat la schimbarea cursului războiului, Turing a fost vânat cu intenția de a fi ucis. Într-o zi, locuința i-a fost jefuită, iar el a chemat poliția. Din nefericire, polițiștii au găsit dovezi ale homosexualității sale și l-au arestat. Tribunalul a ordonat să i se injecteze hormoni sexuali, care au avut un efect dezastruos, făcând să-i crească nefiresc sânii și provocându-i o mare suferință psihică. El s-a sinucis în 1954, mâncând un măr otrăvit cu cianură. (Conform unui zvon, se pare că logoul lui Apple Corporation, un măr mușcat, a fost ales în semn de omagiu pentru Turing.)

Astăzi, Turing este cunoscut mai ales pentru „testul Turing". Obosit de nesfârșitele discuții filosofice sterile pe tema dacă mașinile pot „gândi" sau dacă au un „suflet", el a încercat să introducă rigoare și precizie în discuțiile despre inteligența artificială elaborând un test concret. Astfel, el a sugerat să se așeze un om și o mașină în două încăperi etanșe. Dacă nu vom fi în stare să sesizăm diferențele dintre răspunsurile omului și cele ale mașinii, atunci mașina a trecut „testul Turing".

Oamenii de știință au scris programe simple, cum ar fi ELIZA, care pot imita vorbirea curentă și astfel să-i păcălească pe cei mai puțin suspicioși, făcându-i să creadă că stau de vorbă cu un om. (Majoritatea conversațiilor între oameni, de exemplu, folosesc doar câteva sute de cuvinte și se concentrează pe un număr redus de subiecte.) Dar până acum nu s-a reușit realizarea vreunui program care să-i poată păcăli pe cei care încearcă deliberat să determine în care dintre încăperi se găsește un om și în care se află mașina. (Turing însuși a presupus că până în anul 2000, datorită creșterii exponențiale a puterii de calcul a computerelor, se va putea construi o mașină care să păcălească 30% dintre membrii juriului într-un test de cinci minute.)

O mică armată de filosofi și teologi a declarat că este imposibil să se creeze roboți adevărați care să gândească asemenea oamenilor. John Searle, un filosof de la Universitatea California, din Berkeley, a propus „testul camerei chinezești" pentru a dovedi că inteligența artificială nu e posibilă. În esență, Searle susține că, deși roboții pot fi capabili să treacă anumite forme ale testului Turing, ei pot face asta doar pentru că sunt capabili să manipuleze orbește niște simboluri fără să înțeleagă câtuși de puțin semnificația acestora.

Să ne imaginăm că vă aflați într-o cutie și că nu pricepeți nicio iotă. Să presupunem că aveți o carte care vă permite să traduceți rapid texte din chineză și să-i manipulați caracterele. Dacă ni se pune o întrebare în chineză, nu faceți decât să manipulați acele caractere ciudate, fără să înțelegeți ce înseamnă, și să dați răspunsuri credibile.

Esența criticilor sale se rezumă la diferența dintre *sintaxă* și *semantică*. Roboții pot stăpâni sintaxa unei limbi (de exemplu, să-i manipuleze gramatica, structura formală etc.), dar nu și adevărat semantică (care este înțelesul cuvintelor). Roboții pot manipula cuvinte fără să înțeleagă ce înseamnă acestea. (Asta e oarecum similar cu a vorbi la telefon cu un „robot" telefonic, în care trebuie să apeși „unu", „doi" etc., pentru fiecare răspuns. Vocea de la capătul celălalt al firului este perfect capabilă să prelucreze răspunsurile dumneavoastră numerice, dar fără să înțeleagă absolut nimic din ceea ce se întâmplă.)

Fizicianul Roger Penrose, de la Oxford, crede și el că inteligența artificială este imposibilă; ființele mecanice care să gândească și să posede conștiință umană sunt imposibile conform legilor teoriei cuantice. Creierul omenesc, susține el, este atât de superior oricărei creații de laborator, încât crearea unor roboți umanoizi este un experiment sortit eșecului. (El susține că, așa cum teorema incompletitudinii a lui Gödel a demonstrat că aritmetica e incompletă, principiul de incertitudine al lui Heisenberg va demonstra că mașinile sunt incapabile de gândire umană.)

Totuși mulți fizicieni și ingineri cred că nu există nimic în legile fizicii care să împiedice crearea unui robot adevărat. De exemplu, Claude Shannon, numit adesea părintele teoriei informației, a fost întrebat la un moment dat: „Pot mașinile să gândească?" Răspunsul lui a fost:

„Desigur". Când i s-a cerut să clarifice acest comentariu, el a spus: „Eu gândesc, nu-i așa?" Cu alte cuvinte, pentru el era evident că mașinile pot să gândească, deoarece și oamenii sunt niște mașini (chiar dacă unele alcătuite din carne și oase, și nu din tranzistoare și cablaje).

Întrucât vedem în filme roboți, am putea crede că realizarea unor roboți sofisticați, dotați cu inteligență artificială, e iminentă. Realitatea este însă foarte diferită. Când vedeți un robot comportându-se ca un om, de obicei, la mijloc este un truc, cu alte cuvinte, un om ascuns în umbră care vorbește în locul robotului cu ajutorul unui microfon, asemenea Vrăjitorului din *Vrăjitorul din Oz*. De fapt, roboții noștri cei mai avansați, cum ar fi roverele robotizate de pe planeta Marte, au inteligența unei insecte. La celebrul Laborator pentru Inteligență Artificială de la MIT, roboții experimentali au dificultăți în realizarea unor operațiuni, pe care până și gândacii de bucătărie le pot efectua, cum ar fi deplasarea printr-o încăpere plină de mobilă, găsirea unor locuri ascunse și recunoașterea pericolului. Niciun robot de pe Terra nu poate înțelege o poveste simplă pentru copii atunci când îi este citită.

În filmul *2001: Odiseea spațială*, s-a presupus incorect că până în anul 2001 vom avea HAL, superrobotul care să poată pilota o navă spațială spre Jupiter, să stea la taclale cu membrii echipajului, să repare defecțiunile tehnice și să se comporte aproape ca un om.

ABORDAREA SUS-JOS

Există cel puțin două probleme importante cu care oamenii de știință se confruntă de decenii și care stau în calea eforturilor lor de a crea roboți: recunoașterea

pattern-urilor și bunul-simț. Roboții pot vedea mult mai bine decât noi, dar nu pot înțelege ceea ce văd. Roboții pot, de asemenea, să audă mult mai bine decât noi, dar nu înțeleg ceea ce aud.

Pentru a rezolva aceste probleme, cercetătorii au încercat să folosească „abordarea sus-jos" pentru obținerea inteligenței artificiale (denumită uneori școala „formalistă" sau GOFAI, de la „good old-fashioned AI"). Țelul lor, în linii mari vorbind, era să programeze toate regulile recunoașterii *pattern*-urilor și ale bunului simț pe un singur CD. Introducând acest CD într-un computer, ei credeau că respectivul computer va deveni dintr-odată conștient de sine și va căpăta inteligență umană. În anii 1950 și 1960, s-au înregistrat progrese mari în această direcție, creându-se roboți care să joace dame și șah, să efectueze operații algebrice, să ridice cărămizi și așa mai departe. Progresele au fost atât de spectaculoase, încât s-a prezis că în câțiva ani roboții îi vor depăși pe oameni în ceea ce privește inteligența.

De exemplu, în 1969, la Institutul de Cercetări din Stanford, robotul SHAKEY a creat senzație în media. SHAKEY era un mic computer PDP[39] așezat deasupra unui sistem de roți, având deasupra o cameră de luat vederi. Camera era capabilă să ia imagini din încăpere, pe care apoi computerul le analiza, identifica obiectele și încerca să navigheze printre ele. SHAKEY a fost primul automaton mecanic care putea naviga în „lumea reală", făcându-i pe jurnaliști să speculeze că va veni vremea când roboții îi vor depăși pe oameni.

Dar neajunsurile unor asemenea roboți au devenit curând evidente. Abordarea de tip sus-jos a inteligenței artificiale a dus la realizarea unor roboți imenși, stângaci, cărora le lua ore în șir să navigheze într-o încăpere

39 Acronim pentru *parallel distributed processing* — procesare distribuită paralel. (*N. t.*)

specială ce conținea doar obiecte alcătuite din linii drepte, cu alte cuvinte, pătrate și triunghiuri. Dacă plasezi mobilă de formă neregulată într-o cameră, robotul nu va putea s-o recunoască. (În mod ironic, o musculiță de oțet, care are un creier cu doar 250 000 de neuroni și doar o fracție din puterea de calcul a acestor roboți, poate naviga fără efort în trei dimensiuni, executând manevre aeriene amețitoare, în vreme ce roboții aceștia greoi se rătăcesc în două dimensiuni.)

Abordarea sus-jos s-a lovit curând de un zid. Steve Grand, directorul Institutului Cyberlife, spune că abordări ca aceasta „au avut la dispoziție cincizeci de ani ca să-și demonstreze valabilitatea și nu prea și-au respectat promisiunile“[40].

În anii 1960, oamenii de știință nu au evaluat pe deplin greutatea muncii implicate în programarea roboților să efectueze și cele mai simple sarcini, cum ar fi să programezi un robot să identifice obiecte precum cheile, pantofii și cănile. După cum spunea Robert Brooks de la MIT: „Cu patruzeci de ani în urmă, Laboratorul pentru Inteligență Artificială de la MIT a desemnat un student să rezolve problema în timpul verii. N-a reușit și nici eu n-am reușit să rezolv aceeași problemă în teza mea de doctorat din 1981“.[41] De fapt, nici astăzi cercetătorii din domeniul inteligenței artificiale nu pot să rezolve această problemă.

De exemplu, când intrăm într-o cameră, imediat recunoaștem podeaua, fotoliile, mobilierul, mesele și așa mai departe. Dar când un robot vede o încăpere, el nu vede altceva decât o vastă colecție de linii drepte și curbe, pe care le convertește în pixeli. Computerul are nevoie de o grămadă de timp ca să deslușească ceva în talmeș-balmeșul acela de linii. Pentru noi e de ajuns o fracțiune de secundă

40 Cavelos, p. 90.
41 Rodney Brooks, *New Scientist Magazine*, 18 noiembrie 2006, p. 60.

ca să recunoaștem o masă, dar un computer nu vede decât o colecție de cercuri, ovale, spirale și linii drepte, linii ondulate, colțuri și așa mai departe. După o durată lungă de timp destinat calculului, robotul s-ar putea să recunoască în cele din urmă un obiect precum masa. Dar dacă rotim imaginea, computerul trebuie s-o ia de la capăt. Cu alte cuvinte, robotul poate vedea, și de fapt poate vedea mult mai bine decât oamenii, dar nu înțelege ceea ce vede. Când intră într-o cameră, robotul nu vede decât un vălmășag de linii și curbe, nu fotolii, mese și veioze.

Creierul nostru recunoaște inconștient obiectele, efectuând trilioane de trilioane de calcule atunci când intrăm într-o încăpere — o activitate de care suntem cât se poate de inconștienți. Motivul pentru care nu suntem conștienți de toate activitățile creierului nostru îl reprezintă evoluția. Dacă ne-am pomeni singuri în junglă în fața unui tigru cu colți fioroși, am fi paralizați dacă am fi conștienți de toate calculele necesare pentru a recunoaște pericolul și pentru a scăpa. De dragul supraviețuirii, tot ce avem nevoie să știm este cum să fugim. Pe când trăiam în junglă, pur și simplu nu era necesar pentru noi să știm toate dedesubturile recunoașterii de către creier a terenului, a cerului, a copacilor, a stâncilor.

Cu alte cuvinte, felul cum funcționează creierul nostru poate fi comparat cu un aisberg uriaș. Suntem conștienți doar de vârful aisbergului, mintea conștientă. Dar dedesubt, ascuns vederii, se află un obiect mult mai mare, mintea inconștientă, care consumă mari proporții din „puterea de calcul“ a creierului, ca să înțeleagă lucrurile simple ce o înconjoară, cum ar fi să-și dea seama unde ne aflăm, cu cine vorbim și ce se află în jurul nostru. Toate acestea se fac automat, fără acordul sau știința noastră.

Acesta este motivul pentru care roboții nu se pot orienta printr-o cameră, nu pot citi scrisul de mână, nu pot conduce camioane sau automobile, nu pot ridica gunoiul și așa mai departe. Armata Statelor Unite a cheltuit fără succes sute de milioane de dolari încercând să construiască soldați mecanici și camioane inteligente.

Oamenii de știință au început să înțeleagă că jocul de șah sau multiplicarea numerelor uriașe solicită doar o „felie" minusculă a inteligenței omenești. Când computerul IBM Deep Blue l-a învins pe campionul mondial la șah Gary Kasparov într-un meci de șase jocuri în 1997, a fost victoria puterii brute de calcul, dar experimentul nu ne-a spus nimic despre inteligență sau conștiință, cu toate că jocul a ținut multă vreme prima pagină a ziarelor. Așa cum spunea Douglas Hofstadter, un specialist în computere de la Universitatea Indiana: „Dumnezeule, și eu care credeam că e nevoie de minte ca să joci șah! Acum îmi dau seama că nu-i așa. Ceea ce nu înseamnă că Kasparov nu e un gânditor profund, ci doar că poți să «sari» peste gândirea profundă atunci când joci șah, așa cum poți zbura și fără să dai din aripi".[42]

(Progresele din domeniul computerelor vor avea, de asemenea, un impact enorm asupra viitorului pieței de muncă. Uneori, futuriștii speculează că singurii oameni care vor avea slujbe peste câteva decenii vor fi tehnicienii și savanții specializați în computere. Dar de fapt, lucrători precum cei din domeniul sănătății, constructorii, pompierii, polițiștii și așa mai departe vor avea și ei de lucru în viitor, pentru că profesiile lor implică recunoașterea *pattern*-urilor. Fiecare delict, grămadă de gunoi, unealtă și incendiu este diferită și, din acest motiv, roboții nu se pot ocupa de ele. În mod ironic, lucrătorii absolvenți de colegiu „la bază", cum ar

42 Kaku, *Visions*, p. 61.

fi contabilii de nivel scăzut, brokerii și casierii de bancă, s-ar putea să-și piardă joburile în viitor, pentru că munca lor e semirepetitivă și implică ținerea evidenței la numere, sarcină la care computerele excelează.)

Pe lângă recunoașterea *pattern*-urilor, a doua problemă legată de dezvoltarea roboților este și mai fundamentală, fiind vorba de lipsa lor de „bun-simț". De exemplu, oamenii știu că:

- Apa e udă.
- Mamele sunt mai bătrâne decât fiicele lor.
- Animalelor nu le place durerea.
- Moartea este ireversibilă.
- Cu ajutorul sârmelor, poți să tragi, dar nu poți să împingi.
- Cu bețele poți să împingi, dar nu poți să tragi.
- Timpul nu curge înapoi.

Dar nu există nicio formulă matematică prin care să putem exprima aceste adevăruri. Știm toate acestea pentru că am văzut animale, apă și sârme și ne-am dat seama de adevăr singuri. Copiii învață bunul simț ciocnindu-se de realitate. Legile intuitive ale biologiei și fizicii sunt învățate în mod brutal, prin interacțiunea cu lumea reală. Dar roboții nu au trecut prin asta. Ei știu numai lucrurile pentru care au fost programați înainte.

(Ca o consecință, slujbele din viitor le vor include și pe cele care necesită bunul simț, respectiv, creativitatea artistică, originalitatea, talentul actoricesc, umorul, lumea spectacolelor, analiza și știința conducerii. Tocmai acestea sunt calitățile care ne fac unici, ca oameni, și pe care computerele le imită cu mare dificultate.)

În trecut, matematicienii au încercat să pună la punct un program-sinteză, care să concentreze laolaltă toate legile bunului simț, odată pentru totdeauna. Cea mai ambițioasă tentativă este CYC (prescurtare de la „encyclopedia"), ideea lui Douglas Lenat, șeful companiei Cycorp. La fel ca Proiectul Manhattan, programul-sinteză de 2 miliarde de dolari care a dus la construirea bombei atomice, CYC urma să fie un fel de „Proiect Manhattan" al inteligenței artificiale, efortul final care va culmina cu obținerea adevăratei inteligențe artificiale.

Deloc surprinzător, mottoul lui Lenat este: Inteligența înseamnă 10 milioane de reguli.[43] (Lenat are o metodă originală de a găsi noi legi ale bunului-simț; îi pune pe angajații săi să citească paginile tabloidelor de scandal și ale fițuicilor de bârfe indecente. Apoi întreabă CYC dacă poate depista erori în tabloide. De fapt, dacă Lenat ar reuși în această direcție, ar însemna că CYC s-ar putea să fie mai inteligent decât majoritatea cititorilor de tabloide!)

Unul dintre țelurile CYC este să atingă „punctul de echilibru", cu alte cuvinte, punctul la care un robot va fi capabil să înțeleagă suficient, încât să poate prelucra și singur noile informații prin simpla lecturare a revistelor și a cărților disponibile în orice bibliotecă. În acel moment, ca un pui de pasăre care-și părăsește cuibul, CYC va fi capabil să dea din aripi și să-și ia zborul singur.

Dar de la înființarea firmei în 1984, credibilitatea acesteia a suferit din cauza unei probleme comune în domeniul AI: enunțarea unor predicții care ajung pe primele pagini ale presei, dar sunt totalmente nerealiste. Astfel, Lenat a prezis că în zece ani, până în 1994, CYC va conține între 30 și 50 % din „realitatea consensuală". Astăzi, CYC nici măcar nu se apropie de acele cifre. Așa cum au

43 Kaku, *Visions*, p. 65.

avut ocazia să constate savanții de la Cycorp, pentru ca un computer să aproximeze bunul-simț al unui copil de patru ani, trebuie scrise milioane și milioane de linii de program. Până acum, cea mai nouă versiune a programului CYC conține o cantitate insignifiantă de 47 000 de concepte și 306 000 de adevăruri. În pofida comunicatelor de presă mereu optimiste ale companiei, unul dintre colaboratorii lui Lenat, R.V. Guha, care a părăsit echipa în 1994, a fost citat ca spunând: „CYC este privit în general ca un proiect eșuat... Ne omorâm cu firea încercând să creăm o umbră palidă a ceea ce s-a promis".[44]

Cu alte cuvinte, tentativele de a programa toate legile bunului simț într-un singur computer au dat greș pur și simplu pentru că sunt extrem de multe asemenea legi. Oamenii învață fără efort aceste legi pentru că noi, pe tot parcursul vieții, nu încetăm să ne lovim de mediul înconjurător, asimilând, pe tăcute, legile fizicii și ale biologiei, lucru pe care roboții nu-l fac.

Fondatorul companiei Microsoft, Bill Gates, recunoaște: „A fost mult mai dificil decât s-a crezut să facem computerele și roboții să simtă mediul înconjurător și să reacționeze rapid și exact... de exemplu, capacitatea de a se orienta relativ la obiectele dintr-o încăpere, de a reacționa la sunete și de a interpreta vorbirea, precum și să apuce obiecte de diferite dimensiuni, texturi și fragilități. Chiar și un lucru simplu, precum a face deosebirea între o ușă și o fereastră deschise, poate fi teribil de dificil pentru un robot".[45]

Susținătorii abordării sus-jos a inteligenței artificiale arată că totuși progresul în această direcție, deși uneori foarte lent, are loc în laboratoarele din întreaga lume. De exemplu, în ultimii ani, Agenția pentru Proiecte de Cercetare Avansate destinate Apărării (DARPA), care

---

44 Bill Gates, *Skeptic Magazine*, vol. 12, nr. 12, 2006, p. 35.
45 Bill Gates, *Scientific American*, ianuarie 2007, p. 63.

finanțează de multe ori proiecte de tehnologie de vârf, a oferit un premiu de 2 milioane de dolari pentru crearea unui vehicul fără șofer, care să poată naviga singur prin relieful neregulat al Deșertului Mojave. În 2004, niciun singur participant la Marele Concurs DARPA nu a reușit să termine cursa. De fapt, mașina cea mai reușită a izbutit să parcurgă 12 km înainte să se defecteze. Dar în 2005, mașina fără șofer concepută de Stanford Racing Team a reușit să parcurgă cu succes traseul dificil de 212 km (chiar dacă a avut nevoie de șapte ore pentru asta). Patru alte mașini au terminat cursa. (Unii critici au remarcat că regulamentul permitea mașinilor să folosească sisteme de navigație GPS de-a lungul unui drum părăsit; de fapt, mașinile puteau să urmeze un traseu predeterminat fără prea multe obstrucții, astfel încât mașinile nu erau nevoite în niciun moment să recunoască obstacolele complexe întâlnite în drum. În viața reală, mașinile trebuie să navigheze impredictibil pe lângă alte mașini, pietoni, șantiere de construcție, blocaje de trafic și așa mai departe.)

Bill Gates manifestă un optimism prudent față de posibilitatea ca mașinile robotizate să reprezinte „următoarea senzație". El aseamănă domeniul roboticii din prezent cu domeniul calculatoarelor personale, la demararea căruia a pus și el umărul în urmă cu treizeci de ani. Asemenea PC-urilor, s-ar putea să fie gata de decolare. „Nimeni nu poate spune cu o certitudine oarecare când — sau dacă — această industrie va atinge masa critică"[46], scrie el. „Dacă o va face totuși s-ar putea să schimbe fața lumii".

(De îndată ce roboții cu inteligență umanoidă vor deveni disponibili comercial, piața pentru ei va fi uriașă. Cu toate că roboți adevărați nu există astăzi, roboți preprogramați există și au proliferat. Federația

46 *Scientific American*, ianuarie 2007, p. 58.

Internațională de Robotică estimează că în 2004 existau circa 2 milioane de astfel de roboți personali și că alte 7 milioane vor fi instalați până în 2008. Asociația Japoneză pentru Robotică prezice că până în 2025 industria roboților personali, astăzi în valoare de 5 miliarde de dolari, va produce 50 de miliarde anual.)

ABORDAREA JOS-SUS

Din cauza limitărilor abordării sus-jos a inteligenței artificiale, s-a încercat în schimb abordarea „de jos în sus", cu alte cuvinte, să se imite evoluția și modul în care învață un copil. Insectele, de exemplu, nu navighează scanând mediul înconjurător și reducând imaginea la trilioane de trilioane de pixeli pe care să-i proceseze cu ajutorul supercomputerelor. În schimb, creierele insectelor sunt compuse din așa-numitele „rețele neurale", mașini de învățat care asimilează lent cum să navigheze într-o lume ostilă, ciocnindu-se de ea. La MIT, era de notorietate dificultatea cu care au fost creați roboții umblători. Pe când niște creaturi mecanice insectoide care se ciocnesc de mediu și învață totul de la zero reușesc să zburde pe podeaua laboratorului în decurs de câteva minute.

Rodney Brooks, director al celebrului Laborator de Inteligență Artificială de la MIT, vestit pentru roboții săi umblători, uriași și greoi, obținuți prin metoda „sus-jos", a devenit un „eretic" când a explorat ideea unor roboți „insectoizi" minusculi, care învățau să meargă în maniera veche și verificată, adică împiedicându-se și lovindu-se de obiectele din jur. În loc de a elabora programe de computer complexe, care să calculeze matematic poziția precisă a picioarelor în timpul mersului, insectoizii lui folosesc

învățarea prin experiment ca să-și coordoneze mișcările picioarelor folosind o putere de calcul redusă. Astăzi, un mare număr dintre urmașii roboților insectoizi ai lui Brooks adună informații de pe Marte pentru NASA, zburdând printre denivelările reliefului marțian, mânați de propria lor minte. Brooks consideră că insectoizii lui sunt cât se poate de potriviți pentru explorarea sistemului solar.

Unul dintre proiectele lui Brooks s-a numit COG, o încercare de a crea un robot mecanic cu inteligența unui bebeluș de șase luni. Pe dinafară, COG arată ca un talmeș-balmeș de fire, circuite și angrenaje, atât doar că are un cap, ochi și brațe. Nicio lege a inteligenței nu a fost programată în el. În schimb, este proiectat ca să-și concentreze ochii asupra unui instructor uman, care încearcă să-l învețe manevrele cele mai simple. (O cercetătoare care a rămas însărcinată a pariat pe cine o să învețe mai repede, COG sau copilul ei, până la vârsta de doi ani. Copilașul l-a depășit de departe pe COG.)

Cu toate succesele obținute în imitarea comportamentului insectelor, roboții care folosesc rețelele neuronale nu s-au descurcat deloc atunci când programatorii lor au încercat să copieze în ei comportamentul unor organisme superioare de genul mamiferelor. Cei mai avansați roboți care folosesc rețele neuronale pot să traverseze o încăpere sau să înoate în apă, dar nu pot să sară și să vâneze ca un câine în pădure și nici să alerge printr-o încăpere asemenea unui șobolan. Mulți roboți mari, cu rețele neuronale, pot consta în câteva zeci până la câteva sute de „neuroni", în vreme ce creierul omenesc are peste 100 de miliarde de neuroni. *C. elegans*, un vierme foarte simplu al cărui sistem nervos a fost complet cartografiat de către biologi, are cu puțin peste 300 de neuroni în sistemul

lui nervos, ceea ce face ca respectivul sistem să fie unul dintre cele mai simple găsite în natură. Dar între acești neuroni există peste 7 000 de sinapse. Oricât de simplu este *C. elegans*, sistemul său nervos este atât de complex, încât nimeni nu a reușit încă să construiască un model computerizat al creierului acesteia. (În 1988, un expert în computere a prezis că până în momentul de față ar fi trebuit să avem roboți cu cca. 100 de milioane de neuroni artificiali. În realitate, o rețea neuronală cu 100 de neuroni este considerată excepțională.)

Ironia supremă este dată de faptul că mașinile pot efectua fără efort sarcini pe care oamenii le consideră „grele", cum ar fi înmulțirile între numere mari sau jocul de șah, dar se încurcă penibil când li se cere să facă lucruri extrem de „ușoare" pentru oameni, cum ar fi să mergi printr-o încăpere, să recunoști chipuri sau să bârfești cu prietenii. Explicația este aceea că unele dintre cele mai avansate computere sunt, în esență, doar niște mașini de adunat. Creierul omenesc, pe de altă parte, este proiectat cu mare finețe de către evoluție ca să rezolve problemele banale ale supraviețuirii, care necesită o întreagă arhitectură a gândirii, cum ar fi bunul simț și recunoașterea *pattern*-urilor. Supraviețuirea în pădure nu depinde de calcule complicate sau de șah, ci de evitarea animalelor de pradă, de găsirea unei perechi pentru înmulțire și de adaptarea la mediul în schimbare.

Marvin Minsky, de la MIT, unul dintre inițiatorii inteligenței artificiale, a rezumat astfel problemele AI: „Istoria AI este întru câtva amuzantă pentru că primele realizări reale au fost niște lucruri frumoase, ca o mașină care poate face demonstrații logice sau care se descurcă la orele de calcul infinitezimal. Dar apoi am încercat să facem

mașini care să răspundă la întrebări legate de tipuri simple de povești care se găsesc în cărțile de clasa întâi. Astăzi, nu există nicio mașină care să poată face acest lucru.[47].

Unii sunt de părere că, în cele din urmă, se va realiza o mare sinteză între cele două abordări (sus-jos și jos-sus), care ar putea să furnizeze cheia pentru inteligența artificială și roboții umanoizi. În definitiv, când un copil învață, deși la început se bazează pe abordarea jos-sus, ciocnindu-se de mediul înconjurător, până la urmă el primește instrucțiuni de la părinți, din cărți și de la învățători și ajunge să învețe conform abordării sus-jos. Ca adult, de exemplu, el citește o rețetă de bucătărie, dar, în același timp, gustă permanent mâncarea pe măsură ce o gătește.

Hans Moravec spune: „Mașinile cu adevărat inteligente vor rezulta atunci când va fi bătut ultimul piron de aur pentru unificarea celor două eforturi“[48], probabil pe parcursul următorilor patruzeci de ani.

ROBOȚII EMOTIVI?

Una dintre temele recurente din literatură și artă este ființa mecanică doritoare să devină umană, să aibă parte de emoții omenești. Nemulțumită cu alcătuirea ei de sârmă și oțel rece, ea dorește să râdă, să plângă și să simtă toate plăcerile emoționale ale ființei omenești.

Pinocchio, de exemplu, era păpușa care voia să devină băiat adevărat. Omul de Tinichea din *Vrăjitorul din Oz* dorea să aibă inimă. Iar Data, din *Star Trek*, este un robot mai puternic și mai inteligent decât toți oamenii, și cu toate acestea dorește cu ardoare să devină om.

Unii chiar au sugerat că emoțiile reprezintă cea mai de preț calitate a ceea ce înseamnă să fii om. Nicio

47 Susan Kruglinski, “The Top 100 Science Stories of 2006”, *Discover Magazine*, p. 16.
48 Kaku, *Visions*, p. 76.

mașină nu va fi vreodată în stare să se emoționeze la un apus de soare minunat sau să râdă la o glumă reușită, susțin aceștia. Unii spun că este imposibil ca vreodată mașinile să aibă emoții, dat fiind că acestea reprezintă punctul culminant al dezvoltării omului.

Dar oamenii de știință care lucrează în domeniul inteligenței artificiale și încearcă să analizeze emoțiile zugrăvesc o imagine diferită. Pentru ei, emoțiile, departe de a fi esența umanității, sunt, de fapt, un produs secundar al evoluției. Exprimat în cuvinte simple, emoțiile sunt bune pentru noi. Ele ne-au ajutat să supraviețuim în pădure, și chiar și astăzi ne ajută să navigăm printre pericolele vieții.

De exemplu, „a-ți plăcea" ceva este foarte important din punct de vedere evoluționist, pentru că lucrurile cele mai multe ne sunt dăunătoare. Din milioanele de obiecte de care ne ciocnim zilnic, doar câteva ne sunt benefice. De aici ideea că „a-ți plăcea" ceva înseamnă să distingi puținele lucruri care pot fi de folos din noianul de milioane de lucruri care pot face rău.

În mod similar, gelozia este o emoție importantă, pentru că succesul nostru în materie de reproducere este vital în a asigura supraviețuirea genelor și transmiterea lor la generația următoare. (De fapt, acesta e motivul pentru care există atât de multe sentimente puternice legate de dragoste și sex.)

Rușinea și remușcarea sunt importante pentru că ne ajută să învățăm deprinderile sociale necesare pentru a funcționa într-o societate bazată pe cooperare. Dacă nu vom spune niciodată că ne pare rău, până la urmă vom fi expulzați din trib, diminuându-ne șansele de supraviețuire și de transmitere a genelor.

Cu alte cuvinte, când roboții vor deveni și mai avansați, aceștia s-ar putea să fie dotați și cu emoții. Poate că vor fi programați să se lege de proprietarii sau de îngrijitorii lor, să se asigure că nu sfârșesc într-o ladă de gunoi. Posedarea unor asemenea emoții le va înlesni tranziția în societate, astfel încât să poată fi niște însoțitori utili și nu niște rivali ai proprietarilor lor.

Expertul în computere Hans Moravec consideră că roboții vor fi programați cu emoții precum „teama" pentru a se proteja pe ei înșiși. De exemplu, dacă bateriile unui robot sunt pe terminate, robotul „ar începe să se agite sau chiar să intre în panică, cu semnale pe care oamenii să le poată recunoaște. Se va duce la vecini și le va cere să le folosească priza, spunând: «Vă rog! Vă rog! Am nevoie de asta! E foarte important și costă atât de puțin! O să vă dăm banii înapoi!»"[49]

Emoțiile sunt vitale și în luarea deciziilor. Oamenii care au suferit un anume tip de leziune cerebrală sunt inapți să trăiască emoții. Capacitatea de judecată le-a rămas intactă, dar nu-și pot exprima niciun fel de sentimente. Doctorul neurolog Antonio Damasio, de la Colegiul de Medicină al Universității Iowa, care i-a studiat pe oamenii cu astfel de leziuni cerebrale, conchide că aceștia par „să știe fără să simtă".[50]

Dr. Damasio constată că astfel de indivizi sunt adesea paralizați când trebuie să ia cele mai mărunte decizii. Fără emoții care să-i călăuzească, ei rămân blocați într-o nesfârșită controversă legată de o opțiune sau alta, ceea ce duce la o indecizie paralizantă. Unul dintre pacienții doctorului Damasio a petrecut o jumătate de oră încercând să se decidă cu privire la data viitoarei consultații.

Oamenii de știință cred că emoțiile sunt prelucrate în „sistemul limbic" al creierului, care se

---

49 Kaku, *Visions*, p. 92.
50 Cavelos, p. 98.

situează în centrul creierului. Când oamenii suferă de o lipsă a comunicării între neocortex (care guvernează gândirea rațională) și sistemul limbic, puterea de judecată le rămâne intactă, dar nu au niciun fel de emoții care să-i călăuzească în luarea deciziilor. Uneori avem o „intuiție" sau o „reacție instinctivă" care ne impulsionează luarea deciziei. Oamenii cu leziuni care afectează comunicarea între părțile rațională și emoțională ale creierului nu posedă această capacitate.

De exemplu, când ne ducem la cumpărături, noi facem în mod inconștient mii de judecăți de valoare cu privire la aproape tot ce vedem, ca de exemplu: „Acesta e prea scump, prea ieftin, prea colorat, prea caraghios sau exact ce-mi trebuie". Pentru oamenii cu acest tip de leziune cerebrală, mersul la cumpărături poate fi un coșmar, deoarece toate par să aibă aceeași valoare.

Cu cât roboții devin mai inteligenți și sunt capabili să ia decizii proprii, ei ar putea la fel de bine să fie paralizați de indecizie. (Ceea ce ne aduce aminte de parabola măgarului aflat între două baloturi de paie și care în final moare de foame pentru că nu se poate hotărî din care să mănânce.) Pentru a-i ajuta, roboții viitorului ar putea avea nevoie să li se implementeze emoții în creiere. Comentând asupra lipsei de emoții la roboți, dr. Rosalind Picard de la MIT Media Lab spune: „Ei nu pot să simtă ceea ce e cel mai important. Asta e una dintre lipsurile lor cele mai mari. Pur și simplu, computerele nu pot avea așa ceva".[51]

După cum scrie marele romancier rus Dostoievski: „Dacă tot ce există pe pământ ar fi rațional, nu s-ar mai întâmpla nimic".[52]

Cu alte cuvinte, roboții viitorului ar putea avea nevoie de emoții ca să-și stabilească niște obiective, să dea

51 Cavelos, p. 101.
52 Barrow, *Theories of Everything*, p. 149.

un înțeles și să-și structureze „viețile“, altfel se vor găsi paralizați într-un noian de posibilități.

SUNT ROBOȚII CONȘTIENȚI?

Nu există un consens cu privire la întrebarea dacă mașinile pot fi conștiente sau măcar cu privire la ce înseamnă conștiința. Nimeni nu a găsit o definiție general acceptată a conștiinței.

Marvin Minsky descrie conștiința ca fiind mai mult o „societate a minților“, altfel spus, procesul de gândire din creier nu este localizat, ci răspândit, cu diferite centre care concurează între ele în orice moment dat. Conștiința poate fi deci văzută ca o succesiune de gânduri și imagini izvorâte din aceste „minți“ diferite, mai mici, fiecare căutând să ne acapareze atenția.

Dacă această definiție e adevărată, atunci „conștiința“ poate că a fost o gogoașă exagerat de umflată, poate că prea multe articole au fost dedicate unui subiect pe care filosofii și psihologii l-au învăluit în mister. Poate că definirea conștiinței nu-i așa de dificilă. După cum spune Sydney Brenner, de la Institutul Salk din La Jolla: „Eu prezic că până în anul 2020 — anul bunei viziuni — conștiința va dispărea ca problemă științifică. Urmașii noștri vor fi uimiți să constate câte multe prostii cu iz științific se discută astăzi — asta dacă vor avea răbdarea să scotocească prin arhivele electronice ale unor jurnale de altădată“.[53]

Cercetătorii din domeniul AI suferă de „invidie pe fizică“, după cum susține Marvin Minsky. În fizică, țelul suprem a fost găsirea unei ecuații simple care să unifice forțele fizice din univers într-o singură teorie, creându-se astfel „teoria tuturor lucrurilor“. Excesiv de influențați de

53 Sydney Brenner, *New Scientist Magazine*, 18 noiembrie 2006, p. 35.

această idee, cercetătorii AI au încercat să găsească o singură paradigmă care să explice conștiința. Dar o astfel de paradigmă simplă s-ar putea să nu existe, după cum susține Minsky.

(Cei care fac parte din școala „constructionistă", asemenea mie, consideră că, în loc să discutăm la nesfârșit dacă mașinile gânditoare pot fi create sau nu, ar trebui să încercăm să construim una. În ceea ce privește conștiința, probabil că există un continuum al conștiinței, de la un termostat banal, care monitorizează temperatura dintr-o încăpere, până la organismele conștiente de sine care suntem noi, astăzi. Animalele ar putea fi conștiente, dar nu posedă nivelul de conștiință al unei ființe omenești. Prin urmare, ar trebuie încercată categorisirea tuturor diferitelor tipuri și niveluri de conștiință, decât să ne avântăm în controverse filosofice legate de semnificația conștiinței. În cele din urmă, s-ar putea ca roboții să dobândească o „conștiință de siliciu". De fapt, s-ar putea ca roboții să întrupeze într-o zi o arhitectură destinată gândirii și prelucrării informației, care să fie diferită de a noastră. În viitor, roboții avansați ar putea să estompeze diferența dintre sintaxă și semantică, astfel încât răspunsurile lor să nu mai poată fi deosebite de cele ale oamenilor. Dacă așa vor sta lucrurile, problema dacă ei „înțeleg" cu adevărat întrebările va fi în mare măsură irelevantă. Un robot care stăpânește perfect sintaxa, pentru toate scopurile practice, înțelege ce se spune. Cu alte cuvinte, stăpânirea sintaxei *înseamnă* înțelegere.)

AR PUTEA FI ROBOȚII PERICULOȘI?

Ținând cont de legea lui Moore, care stabilește că puterea computerelor se dublează la fiecare optsprezece luni,

este de conceput că în decurs de câteva decenii vor fi creați roboți care să aibă inteligența, să zicem, a unui câine sau a unei pisici. Dar până în 2020, legea lui Moore s-ar putea să nu se mai verifice, iar epoca siliciului să ajungă la final. În ultimii circa cincizeci de ani, uluitoarea dezvoltare a puterii de calcul a fost alimentată de capacitatea de a crea tranzistori minusculi de siliciu, zeci de milioane de asemenea tranzistori încăpând cu ușurință pe suprafața unei unghii. Fascicule de radiație ultravioletă sunt folosite pentru gravarea tranzistorilor microscopici pe suporturi făcute din siliciu. Dar acest proces nu poate continua la nesfârșit. Până la urmă, acești tranzistori ar putea deveni atât de mici, încât să ajungă la dimensiunea moleculelor, iar procesul să înceteze. Silicon Valley ar putea deveni o Rust Belt după 2020, când epoca siliciului se va fi sfârșit.

Microprocesorul Pentium din laptopul dumneavoastră are un strat cu o grosime de douăzeci de atomi. Până în 2020, respectivul microprocesor ar putea să consiste dintr-un strat de doar cinci atomi grosime. În acel moment, intră în scenă principiul de incertitudine al lui Heisenberg și nu vom mai ști unde se află electronul. Electricitatea se va scurge deci afară din cip și computerul se va scurtcircuita. În acest punct, revoluția computerelor și legea lui Moore vor ajunge la capătul unui drum înfundat, din cauza legilor mecanicii cuantice. (Unii au susținut că era digitală înseamnă „victoria biților în fața atomilor". Dar, în cele din urmă, când vom atinge limitele legii lui Moore, s-ar putea ca atomii să-și găsească răzbunarea.)

Fizicienii lucrează acum la tehnologia post-siliciu, care va domina lumea computerelor după 2020, dar până acum rezultatele obținute au fost amestecate. După cum am văzut, sunt studiate o mulțime de tehnologii

care ar putea înlocui până la urmă tehnologia bazată pe siliciu, inclusiv computerele cuantice, computerele cu ADN, computerele optice, computerele atomice, și așa mai departe. Dar fiecare dintre acestea întâmpină obstacole uriașe înainte de a putea prelua ștafeta de la cipurile de siliciu. Manipularea atomilor și moleculelor individuale este o tehnologie aflată încă în faza copilăriei, așa încât construirea de miliarde de tranzistori de dimensiuni atomice ne depășește deocamdată capacitățile.

Dar să presupunem, pentru moment, că fizicienii sunt capabili să străbată abisul dintre cipul de siliciu și, să spunem, computerele cuantice. Și să presupunem că legea lui Moore rămâne valabilă, măcar parțial, și în epoca post-siliciu. Atunci, inteligența artificială ar putea deveni o posibilitate reală. În acel punct, roboții ar putea stăpâni logica și emoțiile omenești și să treacă de fiecare dată testul Turing. Steven Spielberg a explorat această eventualitate în filmul *Inteligența artificială*, în care a fost creat primul băiețel-robot care poate manifesta emoții și, în consecință, a putut fi adoptat de o familie de oameni.

Ceea ce naște întrebarea: pot fi astfel de roboți periculoși? Răspunsul este „probabil că da". Ei ar putea deveni periculoși din momentul în care ar căpăta inteligența unei maimuțe, care este conștientă de sine și-și poate crea propria listă de obiective. S-ar putea să dureze câteva decenii până să se ajungă la un asemenea punct, așa încât oamenii de știință vor avea timp din belșug ca să țină roboții sub observație înainte de a deveni o amenințare. De exemplu, în procesoarele lor ar putea fi plasat un cip special care să-i împiedice să se lasă pradă unor accese de furie dezlănțuită. Sau ar putea avea un mecanism de autodistrugere sau de dezactivare, care să le întrerupă funcționare în caz de pericol.

Arthur C. Clarke scria: „E posibil să devenim animalele de companie ale computerelor, ducând o existență lipsită de griji, ca niște câini de apartament, dar sper că vom păstra mereu capacitatea de a trage ștecherul din priză, dacă simțim nevoia".[54]

O amenințare mai banală este legată de faptul că infrastructura noastră se bazează pe computere. Rețelele electrice și de apă, ca să nu mai menționăm rețelele de transport și de comunicații, vor fi tot mai computerizate pe viitor. Orașele noastre vor deveni atât de complexe, încât doar niște rețele de computere complexe vor putea monitoriza și regulariza vasta noastră infrastructură. În viitor, va deveni tot mai important să adăugăm inteligența artificială la această rețea de computere. Un eșec sau o întrerupere în această infrastructură computerizată atotprezentă ar putea paraliza un oraș, o țară sau chiar o civilizație.

Ne vor depăși vreodată computerele în inteligență? Cu siguranță, nu există nimic în legile fizicii care să împiedice acest lucru. Dacă roboții sunt rețele neurale capabile de învățare, și dacă se dezvoltă până la punctul în care pot învăța mai rapid și mai eficient decât noi, atunci este logic să credem că ne-ar putea depăși în final în gândire. Moravec spune: „[Lumea postbiologică] este o lume în care specia umană a fost măturată de mareea schimbărilor culturale, uzurpată de propria ei progenitură artificială... Când se va întâmpla asta, ADN-ul nostru se va afla fără obiectul muncii, pierzând competiția evoluționistă în favoarea unui nou tip de competiție".[55]

Unii inventatori, cum ar fi Ray Kurzweil, au prezis chiar că acest moment va veni în scurt timp, mai devreme decât ne-am putea aștepta, chiar în decurs de câteva

54 Kaku, *Visions*, p. 135.
55 Kaku, *Visions*, p. 188.

decenii. Poate că ne creăm propriii succesori din punctul de vedere al evoluției. Unii specialiști în știința computerelor întrevăd un punct, pe care-l numesc „singularitate", în care roboții vor fi în măsură să prelucreze informația exponențial de rapid, creând noi roboți în cadrul acestui proces, până când capacitatea lor colectivă de a absorbi informația avansează aproape fără limite.

Așa că, pe termen lung, unii au susținut o contopire a tehnologiilor bazate pe carbon și siliciu, decât să așteptăm extincția speciei umane.[56] Noi, oamenii, suntem bazați în principal pe carbon, dar roboții se bazează pe siliciu (cel puțin deocamdată). Poate că soluția este să fuzionăm cu creațiile noastre. (Dacă vom întâlni vreodată extratereștri, să nu fim surprinși dacă vom constata că aceștia sunt parțial organici, parțial mecanici, pentru a suporta rigorile călătoriei spațiale și pentru a se putea dezvolta în medii ostile.)

În viitorul îndepărtat, roboții sau niște cyborgi umanoizi s-ar putea chiar să ne ofere darul nemuririi.[57] Marvin Minsky adaugă: „Ce se va întâmpla dacă soarele se stinge sau dacă ne distrugem planeta? De ce să nu creăm

---

56 Deci, creațiile noastre mecanice s-ar putea să fie în ultimă instanță cheia noastră către supraviețuirea pe termen lung. După cum spune Marvin Minsky, „Noi, oamenii, nu ne aflăm la finalul evoluției, așa încât, dacă putem face o mașină la fel de inteligentă ca un om, probabil că putem face și una care să fie mult mai inteligentă. N-ar avea niciun rost să creăm doar un alt om. Vrem să realizăm unul care să poată face lucruri pe care noi nu putem să le facem". Kruglinski, „The Top 100 Science Stories of 2006", *Discover Magazine*, p. 18.

57 Nemurirea este, desigur, ceva ce oamenii și-au dorit încă de când oamenii, singurii din tot regnul animal, au început să-și contemple propriul caracter muritor. Woody Allen a spus cândva despre nemurire: „Nu vreau să obțin nemurirea prin munca mea. Vreau s-o obțin ne-murind. Nu vreau să trăiesc în inimile concetățenilor mei. Aș prefera să-mi continui viața la mine în apartament". Moravec, în particular, crede că în viitorul îndepărtat ne vom contopi cu propriile creații ca să creăm un ordin superior de inteligență. Aceasta ar necesita dublarea celor 100 de miliarde de neuroni din creierul omenesc, fiecare dintre aceștia fiind conectat, probabil, la câteva mii de alți neuroni. În timp ce stăm întinși pe masa de operații, alături de noi stă întins un „înveliș" robotic. Operația chirurgicală se face, astfel încât prin îndepărtarea fiecărui neuron, în învelișul robotic este creat un neuron duplicat din siliciu. Cu trecerea timpului, fiecare neuron din corpul nostru este înlocuit de un neuron din siliciu în robot, așa încât rămânem conștienți pe tot parcursul operației. La final, întreg creierul nostru a fost transferat fără întreruperi în învelișul robotic, în timp ce noi am fost martori la întregul eveniment. Într-o zi vom muri în corpul nostru decrepit, terminat. A doua zi ne vom găsi în interiorul unor corpuri nemuritoare, cu aceleași amintiri și aceeași personalitate, fără să ne pierdem conștiința.

niște fizicieni, ingineri sau matematicieni mai buni? S-ar putea să fie nevoie să devenim arhitecții propriului viitor. Dacă n-o facem, civilizația noastră ar putea să dispară".

Moravec prefigurează un moment din viitorul îndepărtat, când arhitectura noastră neurală va fi transferată, neuron cu neuron, direct într-o mașină, conferindu-se astfel, într-un sens, nemurirea. Este o idee extravagantă, dar care nu depășește limitele posibilului. Așadar, conform unor oameni de știință care își imaginează viitorul îndepărtat, nemurirea (sub forma unor corpuri cu ADN ameliorat sau din siliciu) ar putea reprezenta viitorul ultim al omenirii.

Ideea de a crea mașini gânditoare, care să fie cel puțin la fel de inteligente ca animalele și poate la fel de inteligente sau mai inteligente decât noi, ar putea deveni o realitate dacă putem depăși prăbușirea legii lui Moore și problema bunului simț, poate chiar spre sfârșitul acestui secol. Deși legile fundamentale ale inteligenței artificiale sunt încă în curs de descoperire, progresul în acest domeniu are loc extrem de rapid și este promițător. Ținând cont de toate acestea, aș clasifica roboții și alte mașini gânditoare ca o imposibilitate de clasa I.

IMPOSIBILITĂȚI DE CLASA I

8. EXTRATERESTRII ȘI OZN-URILE

Ori suntem singuri în univers, ori nu. Oricare dintre eventualități este înfricoșătoare.

ARTHUR C. CLARKE

O navă spațială de dimensiuni uriașe, cu anvergura de câțiva kilometri, se profilează direct deasupra metropolei Los Angeles, acoperind tot cerul și întunecând amenințător întregul oraș. Pe tot cuprinsul lumii, fortărețe în formă de farfurii zburătoare se poziționează deasupra principalelor orașe ale lumii. Sute de spectatori entuziaști, dornici să întâmpine ființele de pe alte planete venite în LA se adună pe acoperișul unui zgârie-nori pentru a fi mai aproape de musafirii lor cerești.

După zile de planare tăcută deasupra Los Angelesului, burta navei spațiale se deschide lent. Un fascicul laser nimicitor incinerează acel zârie-nori, dezlănțuind o avalanșă distructivă care se revarsă asupra întregului oraș, reducându-l în câteva secunde la un morman imens de moloz ars.

În filmul *Ziua Independenței*, extratereștrii reprezintă temerile noastre cele mai profunde. În filmul *E.T.*, oamenii proiectează asupra extratereștrilor propriile lor visuri și fantezii. De-a lungul istoriei, oamenii au fost fascinați de ideea făpturilor extraterestre care populează alte planete. Încă din 1611, în tratatul său intitulat *Somnium*, astronomul Johannes Kepler, folosind cele mai avansate cunoștințe științifice ale epocii sale, a imaginat o călătorie spre lună, în cursul căreia am putea întâlni extratereștri,

plante și animale stranii. Dar știința și religia s-au ciocnit adeseori cu privire la subiectul vieții în spațiul cosmic, uneori cu consecințe tragice.

Câțiva ani mai devreme, în 1600, fostul călugăr dominican, filosoful Giordano Bruno, a fost ars de viu pe străzile Romei. Pentru a-l umili, Biserica l-a spânzurat cu capul în jos și l-a dezbrăcat de haine înainte de a-l arde pe rug. Ce făcea învățăturile lui Bruno atât de periculoase? El a pus o întrebare simplă: există viață în spațiul cosmic? Ca și Copernic, el credea că Pământul se învârtește în jurul Soarelui, dar spre deosebire de acesta, el credea că spațiul cosmic ar putea fi populat de nenumărate creaturi asemenea nouă. (Decât să accepte posibilitatea existenței a miliarde de sfinți, papi, biserici și Iisuși în spațiul cosmic, a fost mai simplu pentru Biserică să-l ardă pe rug.)

Vreme de patru sute de ani, amintirea lui Bruno i-a bântuit pe istoricii științei. Dar astăzi, Bruno își află răzbunarea la fiecare câteva săptămâni. Cam de două ori pe lună este descoperită o nouă planetă extrasolară aflată pe orbita unei stele din spațiu. În prezent, avem dovezi despre existența a peste 250 de planete care orbitează alte stele din spațiu. Predicția lui Bruno cu privire la planetele extrasolare a fost repusă în drepturi. Dar stăruie o întrebare. Deși Calea Lactee ar putea să conțină multe planete extrasolare, câte dintre ele ar putea găzdui viața? Iar dacă viața inteligentă există în spațiu, ce ne poate spune știința cu privire la asta?

Întâlnirile ipotetice cu extratereștri, desigur, au fascinat societatea și au dat palpitații cititorilor și cinefililor vreme de generații. Cel mai cunoscut incident a avut loc pe 30 octombrie 1938, când Orson Welles a decis să joace o farsă de Halloween radioascultătorilor americani. El a luat intriga din *Războiul lumilor* al lui H. G. Wells și a făcut o serie de

anunțuri scurte la postul de radio național CBS, întrerupând programele muzicale ca să transmită pe calea undelor invadarea Pământului de către marțieni și distrugerea ulterioară a civilizației. Milioane de americani au fost loviți de panică la auzul „știrii" că mașinile de pe Marte au aterizat pe Grover's Mill, New Jersey, și trimiteau razele morții ca să distrugă orașe întregi și să cucerească planeta. (Mai târziu, ziarele au relatat că au avut loc evacuări spontane cu oameni care părăseau regiunea, cu martori oculari care declarau că simt miros de gaz toxic și văd în depărtare fulgere luminoase.)

Fascinația legată de Marte a cunoscut din nou un vârf în anii 1950, când astronomii au observat un marcaj ciudat pe suprafața planetei roșii, care arăta ca un M gigantic, lat de câteva sute de kilometri. Comentatorii au remarcat că, probabil, M venea de la „Marte", iar marțienii își semnalau în mod pașnic prezența ființelor terestre, așa cum majoretele de la meciurile de fotbal „scriu" numele echipei favorite. (Alții au observat cu pesimism că marcajul cu litera M ar putea fi, de fapt, un W, iar W vine de la „war" (război, în limba engleză. Cu alte cuvinte, în realitate, marțienii declaraseră război pământenilor!) Minipanica s-a stins în cele din urmă, când acel M misterios a dispărut la fel de brusc cum apăruse. După toate probabilitățile, marcajul cu pricina a fost creat de o furtună de nisip care a acoperit întreaga planetă, exceptând vârfurile a patru vulcani mari, care au luat forma aproximativă a unui M sau a unui W.

CĂUTAREA ȘTIINȚIFICĂ A VIEȚII

Oameni de știință serioși, care studiază posibilitatea vieții extraterestre, susțin că este imposibil să spui ceva definitiv despre o asemenea viață, presupunând

că ea ar exista. Cu toate acestea, putem face câteva supoziții generale privind natura vieții extraterestre, pornind de la ceea ce știm din fizică, biologie și chimie.

Mai întâi, oamenii de știință cred că apa lichidă va fi factorul-cheie al apariției vieții în univers. „Țineți-vă de apă" este mantra recitată de astronomii care caută dovezi ale vieții în spațiul cosmic. Apa lichidă, spre deosebire de majoritatea lichidelor, este un „solvent universal" care poate dizolva o varietate uluitoare de substanțe chimice. Este un mediu ideal în care să ia naștere molecule din ce în ce mai complexe. Apa este totodată și o moleculă simplă care se găsește în tot universul, în vreme ce alți solvenți sunt destul de rari.

În al doilea rând, știm că o componentă probabilă în crearea vieții este carbonul, deoarece are patru legături și, de aici, capacitatea de a se lega de patru alți atomi și de a crea molecule de o complexitate incredibilă. În particular, se pot forma cu ușurință lanțuri de carbon lungi, care devin baza pentru hidrocarburi și pentru chimia organică. Alte elemente cu patru legături nu au o chimie atât de bogată.

Cea mai vie ilustrare a importanței carbonului a fost celebrul experiment desfășurat de către Stanley Miller și Harold Urey în 1953, care a demonstrat că formarea spontană a vieții ar putea fi un produs secundar al chimiei carbonului. Ei au luat o soluție de amoniac, metan și alte substanțe chimice toxice, despre care credeau că se găseau în perioada timpurie a Pământului, le-au pus într-un recipient, le-au expus la un curent electric de intensitate redusă și apoi au așteptat. În decurs de o săptămână, au putut vedea dovezi ale formării spontane a aminoacizilor în recipient. Curentul electric a fost suficient pentru a descompune legăturile

de carbon din moleculele de amoniac și metan, și apoi să rearanjeze atomii în aminoacizi, precursorii proteinelor. Într-un anume sens, viața se poate forma spontan. De atunci, aminoacizii au fost găsiți în interiorul meteoriților și, de asemenea, în norii de gaz din spațiul cosmic îndepărtat.

În al treilea rând, componenta fundamentală a vieții este molecula autoreplicantă numită ADN. În chimie, moleculele autoreplicante sunt extrem de rare. A durat sute de milioane de ani până să se formeze prima moleculă de ADN pe Pământ, probabil în adâncul oceanelor. Dacă s-ar putea efectua experimentul Miller-Urey vreme de un milion de ani în oceane, molecule de tipul ADN-ului s-ar forma spontan. Unul din locurile în care molecula de ADN ar fi putut să apară prima oară în istoria Pământului este în apropierea gurilor de vulcan de pe fundul oceanelor, dat fiind că activitatea respectivelor guri de vulcan ar fi asigurat energia necesară pentru primele molecule și celule de ADN, înainte de apariția fotosintezei și a plantelor. Nu se cunoaște dacă și alte molecule bazate pe carbon, în afară de ADN, pot fi autoreplicante, dar este probabil ca alte molecule autoreplicante din univers să semene într-un fel sau altul cu ADN-ul.

Așadar, viața necesită probabil apă lichidă, hidrocarburi și o formă de moleculă autoreplicantă precum ADN-ul. Folosind aceste criterii largi, se poate deduce o estimare foarte aproximativă pentru frecvența vieții inteligente în univers. În 1961, astronomul Frank Drake, de la Universitatea Cornell, a fost unul dintre primii care au făcut o astfel de estimare. Dacă se pornește de la 100 de miliarde de stele în Calea Lactee, se poate estima ce proporție dintre acestea sunt asemănătoare soarelui nostru. Dintre acestea, se poate estima ce fracție au sisteme de planete care să se rotească în jurul lor.

Mai exact, ecuația lui Drake calculează numărul de civilizații din galaxie, înmulțind între ele mai multe numere, incluzând:

- rata cu care stelele se nasc în galaxie,
- ce proporție dintre acestea au planete,
- numărul de planete, pentru fiecare stea, care au condiții prielnice vieții,
- ce proporție dintre plante dezvoltă efectiv viața,
- ce proporție dintre acestea dezvoltă viața inteligentă,
- ce proporție dintre acestea din urmă sunt dispuse să comunice și
- speranța de viață a unei civilizații.

Făcând estimări rezonabile și înmulțind aceste probabilități succesive, ajungem la concluzia că ar putea exista între 100 și 10 000 de planete numai în galaxia Calea Lactee, care să fie apte a găzdui viața inteligentă. Dacă aceste forme de viață inteligente sunt uniform distribuite în galaxia noastră, atunci ne-am putea aștepta să descoperim o astfel de planetă la doar câteva sute de ani-lumină depărtare de Pământ. În 1974, Carl Sagan a estimat că numai în galaxia noastră ar putea exista până la un milion de astfel de civilizații.

La rândul ei, această teoretizare a oferit o justificare suplimentară celor care căutau dovezi ale unor civilizații extraterestre. Ținând cont de estimările favorabile privind planetele capabile să găzduiască forme de viață inteligente, oamenii de știință au început să caute cu seriozitate semnalele radio pe care astfel de planete le-ar putea emite, asemănătoare semnalelor TV și radio pe care planeta noastră le-a emis în ultimii cincizeci de ani.

ASCULTÂNDU-I PE EXTRATERESTRI

Proiectul SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence — Căutarea Inteligenței Extraterestre) a avut ca sursă un articol influent scris în 1959 de către fizicienii Giuseppe Cocconi și Philip Morrison, care au sugerat că ascultarea radiației din gama microundelor cu o frecvență cuprinsă între 1 și 10 gigahertzi ar fi cea mai potrivită cale de a trage cu urechea la comunicațiile extraterestre.

Sub 1 gigahertz, semnalele ar fi acoperite de radiația emisă de electronii rapizi; dincolo de 10 gigahertzi, zgomotul produs de moleculele de oxigen și de apă din atmosfera terestră ar interfera cu orice semnale.) Ei au selectat valoarea de 1,420 gigahertzi ca fiind cea mai promițătoare frecvență pe care să se asculte semnalele din spațiul cosmic, deoarece aceea era frecvența de emisie pentru gazul banal numit hidrogen, cel mai răspândit element din univers. (Frecvențele din jurul acestui domeniu sunt supranumite „local public", dată fiind adecvarea lor pentru comunicațiile extraterestre.)

Căutarea dovezilor unor semnale inteligente din apropierea „localului public" au fost, cu toate acestea, dezamăgitoare. În 1960, Frank Drake a inițiat Proiectul Ozma (numit astfel după Regina din Oz), destinat căutării semnalelor folosindu-se radiotelescopul cu antenă de 25 de metri din Green Bank, Virginia de Vest. Niciun semnal n-a fost găsit vreodată, nici în Proiectul Ozma, nici în alte proiecte care, prin manevre sporadice, au încercat să scaneze cerul nopții de-a lungul anilor.

În 1971, NASA a făcut o propunere ambițioasă de finanțare a cercetărilor SETI. Supranumit Proiectul

Cyclops, efortul implica o mie cinci sute de radiotelescoape la un cost total de 10 miliarde de dolari. Deloc surprinzător, această cercetare nu a ajuns nicăieri. Finanțarea a devenit disponibilă pentru o propunere mult mai modestă, și anume trimiterea unui mesaj atent codificat spre viața extraterestră din spațiul cosmic. În 1974, un mesaj codificat de 1 679 biți a fost transmis prin intermediul radiotelescopului gigantic de la Arecibo din Porto Rico către Roiul Globular M13, situat la o distanță de circa 25 100 de ani-lumină. În acest mesaj scurt, oamenii de știință au creat o rețea grafică dimensională de 23 x 73, în care era reprezentată poziționarea sistemului nostru solar, conținând o ilustrare a ființelor umane și câteva formule chimice. (Din cauza distanțelor mari implicate, cea mai apropiată dată la care ne putem aștepta la un răspuns din spațiul cosmic ar fi peste 52 174 de ani.)

Congresul american nu a fost impresionat de semnificația acestor proiecte, nici după ce un semnal radio misterios, denumit semnalul „Wow" a fost receptat în 1977. El consta dintr-o serie de litere și cifre ce păreau să fie nealeatorii și păreau să semnaleze existența unei inteligențe. (Unii dintre cei care au văzut semnalul Wow nu s-au lăsat convinși.)

În 1995, frustrați de lipsa finanțării din partea guvernului federal, astronomii au apelat la niște surse private pentru demararea Institutului SETI (non-profit) din Mountain View, California, pentru centralizarea cercetărilor SETI și inițierea Proiectului Phoenix de studiere a o mie de stele apropiate de tipul soarelui în gama de frecvențe 1 200 — 3 000 megahertzi. Dr. Jill Tarter (modelul de inspirație pentru savantul interpretat de Jodie Foster în filmul *Contact*) a fost numită director. (Echipamentul folosit în cadrul proiectului era atât de sensibil, încât putea sesiza

emisii de la sistemul radar al unui aeroport situat la 200 de ani-lumină depărtare.)

Începând cu 1995, Institutul SETI a scanat mai bine de o mie de stele, la un cost de 5 milioane de dolari anual. Dar nu s-au obținut rezultate tangibile. Cu toate acestea, Seth Shostak, astronom principal la SETI, crede cu optimism că Sistemul de 350 de Antene Telescopice Allen, care se construiește în prezent la 402 km nord-est de San Francisco, „va descoperi un semnal până în anul 2025"[58].

O abordare de tip mai nou este proiectul SETI@ home, inițiat de astronomii de la Universitatea California din Berkeley, în 1999. Ei au avut ideea de a „înrola" în cadrul proiectului milioane de proprietari de PC-uri, ale căror computere lucrează „în gol" majoritatea timpului. Participanții descarcă un program care ajută la decodificarea unora dintre semnalele radio recepționate de un radiotelescop în perioada în care *screen saver*-ul participantului la proiect este activat, astfel încât acesta nu are niciun inconvenient. Până acum, la proiect s-au înscris până la 5 milioane de utilizatori din peste două sute de țări, care au consumat electricitate în valoare de peste un miliard de dolari, totul cu costuri reduse. Este cel mai ambițios proiect colectiv, care implică folosirea computerelor, organizat vreodată în istorie și poate servi ca model pentru alte proiecte care au nevoie de uriașe resurse informatice pentru efectuarea calculelor. Până acum, nu s-a găsit niciun semnal provenit de la o sursă inteligentă în cadrul proiectului SETI@home.

După decenii de trudă, lipsa frapantă a oricărui progres în cercetarea SETI i-a forțat pe susținătorii săi să-și pună niște întrebări dure. O deficiență evidentă ar putea fi utilizarea exclusivă a semnalelor radio în anumite benzi de frecvență. Unii au sugerat că formele de viață extraterestră ar

58 Jason Stahl, *Discover Magazine*, „Top 100 Stories of 2006", decembrie 2006, p. 80.

putea folosi semnale laser în locul semnalelor radio. Laserele au câteva avantaje față de undele radio, deoarece lungimea redusă de undă a unui laser înseamnă că poți comprima mai multe semnale într-o undă față de semnalele radio. Dar întrucât lumina laser este puternic direcțională și, în plus, conține doar o singură frecvență, ar fi extraordinar de dificil să te „acordezi" cu precizie la frecvența laser corectă.

O altă deficiență evidentă ar fi faptul că cercetătorii SETI se bazează doar pe anumite benzi de frecvență. Dacă există viață extraterestră, s-ar putea să folosească tehnici de compresie sau ar putea dispersa mesajele prin intermediul unor pachete mai mic, strategii care sunt folosite astăzi în internetul modern. Dacă ascultăm mesaje comprimate, care au fost răspândite peste numeroase frecvențe, s-ar putea să auzim doar zgomote întâmplătoare.

Dar date fiind toate problemele formidabile cu care se confruntă SETI, este rezonabil să presupunem că, la un moment dat, în acest secol, ar trebui să putem detecta un semnal de la o civilizație extraterestră, presupunând că o astfel de civilizație ar exista. Iar dacă s-ar întâmpla asta, ar reprezenta un moment extrem de important în istoria speciei umane.

UNDE SUNT EXTRATERESTRII?

Faptul că, până în prezent, proiectul SETI nu a găsit nicio indicație a unor semnale provenite de la forme de viață inteligente din univers i-a forțat pe oamenii de știință să analizeze mai atent și mai profund supozițiile care stau la baza ecuației lui Frank Drake, referitoare la existența vieții inteligente pe alte planete. Recentele descoperiri astronomice ne-au făcut să credem că probabilitatea de a găsi

viață inteligentă este foarte diferită de cea calculată inițial de către Drake în anii 1960. Probabilitatea ca viața inteligentă să existe în univers este, în același timp, mai optimistă și mai pesimistă decât s-a crezut la început.

Mai întâi, noile descoperiri ne-au făcut să credem că viața poate înflori în moduri care nu au fost luate în calcul de ecuația lui Drake. Înainte, oamenii de știință credeau că apa lichidă poate exista doar în „zona Goldilocks" care înconjoară soarele. (Distanța de la Pământ la Soare este „tocmai cât trebuie". Nici prea aproape, fiindcă oceanele ar fierbe, și nici prea departe, pentru că oceanele ar îngheța, dar „tocmai potrivită" ca să facă posibilă viața.)

Astfel, știrea conform căreia astronomii au găsit dovezi că apa lichidă s-ar putea să existe sub învelișul de gheață al unuia dintre sateliții înghețați ai lui Jupiter, Europa, a fost primită cu stupoare. Europa este mult în afara zonei Goldilocks, așa încât nu s-ar fi încadrat în condițiile impuse de ecuația lui Drake. Și totuși forțele mareice ar putea fi suficiente pentru a topi calota de gheață de pe Europa și să producă un ocean permanent lichid. În timp ce Europa se rotește în jurul lui Jupiter, uriașa forță gravitațională a planetei strânge satelitul natural ca pe o minge de cauciuc, creând fricțiune înăuntrul nucleului său, care la rândul lui ar putea provoca topirea învelișului de gheață. Întrucât numai în sistemul nostru solar sunt peste o sută de sateliți naturali, aceasta înseamnă că s-ar putea să existe o mulțime de sateliți în sistemul nostru solar în afara zonei Goldilocks, pe care să se poată dezvolta viața. (Iar cele peste 250 de planete extrasolare descoperite până acum în spațiu ar putea avea și ele sateliți înghețați care să poate găzdui viața.)

Mai mult, oamenii de știință cred că universul poate fi presărat de planete rătăcitoare, care nu se mai rotesc

pe orbita niciunei stele. Din cauza forțelor mareice, orice satelit care orbitează în jurul unei planete rătăcitoare ar putea avea oceane lichide sub învelișul de gheață și, de aici, viață, dar astfel de sateliți ar fi imposibil de depistat de instrumentele noastre, care se bazează pe detectarea luminii de la steaua-mamă.

Dat fiind că numărul de sateliți naturali depășește probabil cu mult numărul de planete dintr-un sistem solar, și că ar putea exista milioane de planete rătăcitoare în galaxie, numărul de corpuri astronomice care găzduiesc forme de viață din univers ar putea fi mult mai mare decât s-a crezut inițial.

Pe de altă parte, alți astronomi au conchis, din diferite motive, că șansele de viață pe planetele din interiorul zonei Goldilocks ar putea fi mult mai scăzute decât cele estimate inițial de către Drake.

Mai întâi, programele de computer arată că prezența unei planete de dimensiunea lui Jupiter într-un sistem solar este necesară pentru a devia în spațiu cometele și meteoriții, efectuând astfel o curățire permanentă a sistemului solar și făcând posibilă viața. Dacă Jupiter nu ar exista în sistemul solar, Pământul ar fi bombardat de meteori și comete, făcând viața imposibilă. Dr. George Wetherill, astronom la Carnegie Institution din Washington, D.C., estimează că fără prezența lui Jupiter sau Saturn în sistemul nostru solar, Pământul ar fi suferit de o mie de ori mai multe coliziuni cu asteroizi, cu un uriaș impact asupra vieții (asemenea celui care a distrus dinozaurii cu 65 de milioane de ani în urmă), producându-se la fiecare zece mii de ani. „E greu de imaginat cum ar fi putut supraviețui viața la un asemenea asalt de proporții extreme“[59], spune acesta.

În al doilea rând, planeta noastră este binecuvântată cu un satelit natural de mari dimensiuni,

59 Cavelos, p. 13.

care ajută la stabilizarea mișcării de rotație a Pământului în jurul axei. Extrapolând legea gravitației newtoniene peste milioane de ani, oamenii de știință pot demonstra că, fără un satelit natural de mari dimensiuni, axa planetei noastre ar fi devenit, probabil, instabilă și Pământul s-ar fi putut răsturna, făcând viața imposibilă. Astronomul francez dr. Jacques Lasker estimează că, fără Lună, axa Pământului ar putea oscila între 0 și 54 de grade, ceea ce ar provoca condiții meteorologice extreme, incompatibile cu viața.[60] Așa încât prezența unui satelit natural de mari dimensiuni trebuie introdusă și ea ca factor în condițiile utilizate pentru ecuațiile lui Drake. (Faptul că Marte are doi sateliți minusculi, prea mici pentru a-i stabiliza mișcarea de rotație, înseamnă că e posibil ca Marte să se fi răsturnat în trecutul îndepărtat și s-ar putea rostogoli din nou în viitor.)

În al treilea rând, dovezile geologice recente indică faptul că, de multe ori în trecut, viața pe Pământ a ajuns aproape în pragul extincției. Cu circa două miliarde de ani în urmă, Pământul era probabil complet acoperit de gheață; era un Pământ „bulgăre de zăpadă", care putea găzdui cu mare greutate viața. În alte perioade, erupțiile vulcanice și ciocnirile cu meteorii au dus aproape la distrugerea întregii vieți de pe Pământ. Așa încât, crearea și evoluția vieții este mai fragilă decât credeam inițial.

În al patrulea rând, viața inteligentă a fost și ea aproape de dispariție în trecut. Cam cu o sută de mii de ani în urmă, existau probabil doar câteva sute până la câteva mii de oameni, bazându-ne pe ultimele dovezi ADN. Spre deosebire de majoritatea animalelor din cadrul unei anumite specii, care sunt separate prin mari diferențe genetice, oamenii sunt toți aproape identici din punct de vedere genetic. Prin comparație cu regnul animal, noi suntem aproape ca niște clone ale

60 Cavelos, p. 12.

semenilor noștri. Acest fenomen poate fi explicat doar dacă în istoria noastră ar fi existat „blocaje", în cursul cărora cea mai mare parte a speciei umane să fi dispărut. De exemplu, o imensă erupție vulcanică putea să fi provocat o bruscă răcire a vremii, ucigând aproape în întregime specia umană.

Există și alte accidente fortuite care au fost necesare pentru apariția vieții pe Pământ, printre care:

• *Un câmp magnetic puternic.* Este necesar pentru devierea radiației cosmice care ar putea distruge viața de pe Pământ.

• *O viteză moderată de rotație planetară.* Dacă Pământul s-ar roti prea încet, partea orientată spre soare ar fi extrem de încinsă, în vreme ce partea opusă ar fi înghețată pentru perioade de timp mari; dacă s-ar roti prea rapid, condițiile meteo ar fi extrem de violente, luând forma unor vânturi și furtuni monstruoase.

• *O poziție situată la o distanță potrivită față de centrul galaxiei.* Dacă Pământul ar fi fost prea aproape de centrul galaxiei Calea Lactee, ar fi fost lovit de radiații periculoase; dacă s-ar fi aflat prea departe de centru, planeta noastră nu ar fi avut suficiente elemente superioare cu care să creeze moleculele de ADN și proteinele.

Pentru toate aceste motive, astronomii cred acum că viața ar putea exista în afara zonei Goldilocks pe sateliți naturali sau pe planete rătăcitoare, dar că șansele de existență a unei planete ca Pământul, capabilă să găzduiască viața în interiorul zonei Goldilocks, sunt mult mai scăzute decât se credea inițial. În general, cele mai multe estimări ale ecuațiilor lui Drake arată că șansele de a descoperi o civilizație în galaxie sunt probabil mai mici decât s-a estimat inițial.

După cum au scris profesorii Peter Ward și Donald Brownlee: „Credem că viața sub forma microbilor și a echivalenților lor este foarte răspândită în univers, poate chiar mai răspândită decât au prefigurat chiar și Drake și [Carl] Sagan. Totuși formele de viață complexe — animalele și plantele superioare — sunt probabil cu mult mai rare decât se presupune de obicei".[61] De fapt, Ward și Brownlee lasă deschisă posibilitatea ca Pământul să fie unic în galaxie din perspectiva găzduirii vieții animale. (Cu toate că această teorie ar putea să descurajeze căutarea vieții inteligente în galaxia noastră, continuă să lase deschisă posibilitatea existenței vieții în alte galaxii îndepărtate.)

CĂUTAREA PLANETELOR ASEMĂNĂTOARE PĂMÂNTULUI

Bineînțeles că ecuația lui Drake este pur ipotetică. Iată de ce căutarea vieții în spațiul cosmic a fost impulsionată de descoperirea planetelor extrasolare. Ceea ce a stânjenit cercetarea acestor planete este faptul că sunt invizibile pentru orice telescop, deoarece nu emit niciun fel de lumină proprie. În general, sunt de un milion până la un miliard de ori mai întunecate decât steaua-mamă.

Pentru a le găsi, astronomii sunt forțați să analizeze micile oscilații ale stelei-mamă, presupunând că o planetă mare, de dimensiunile lui Jupiter, este capabilă să modifice orbita unei stele. (Să ne imaginăm un câine care încearcă să-și prindă propria coadă. În mod similar, steaua-mamă și planeta ei jupiteriană se urmăresc una pe cealaltă, rotindu-se una în jurul celeilalte. Un telescop nu poate vedea planeta, care este întunecată, dar steaua-mamă este clar vizibilă și pare să oscileze înainte și înapoi.)

---

61 Ward și Brownlee, p. xiv.

Prima planetă cu adevărat extrasolară a fost descoperită, în 1994, de către dr. Alexandr Wolszczan de la Universitatea Statului Pennsylvania, care a observat niște planete rotindu-se în jurul unei stele moarte, un pulsar rotitor. Dat fiind că steaua-mamă probabil că a explodat ca o supernova, părea probabil ca aceste planete să fie niște planete moarte, pârjolite. Anul următor, doi astronomi elvețieni, Michael Mayor și Didier Queloz, din Geneva, au anunțat că au găsit o planetă mai promițătoare, cu o masă similară cu a lui Jupiter, rotindu-se pe orbită în jurul stelei 51 Pegasi. În scurt timp, s-au deschis zăgazurile.

În ultimii zece ani, a avut loc o spectaculoasă accelerare a numărului de planete extrasolare descoperite. Geologul Bruce Jakosky de la Universitatea Colorado din Boulder spune: „Este un moment deosebit în istoria omenirii. Suntem prima generație care are o șansă reală de a descoperi viața pe o altă planetă".[62]

Niciunul dintre sistemele solare descoperite până acum nu seamănă cu al nostru. De fapt, sunt cât se poate de diferite de al nostru. Cândva, astronomii credeau că sistemul nostru solar este tipic pentru celelalte din univers, cu orbite circulare și trei inele de planete care înconjoară steaua-mamă: o centură de planete stâncoase, cele mai apropiate de stea, apoi o centură de giganți gazoși și, în sfârșit, o centură de aisberguri înghețate.

Spre marea lor surprindere, astronomii au descoperit că niciuna dintre planetele din alte sisteme solare nu respecta acea regulă simplă. În particular, ei se așteptau să găsească planetele de dimensiuni jupiteriene departe de steaua-mamă și, în schimb, multe dintre ele orbitau extrem de aproape de steaua-mamă (chiar mai aproape decât orbita lui Mercur) sau pe orbite extrem de eliptice. În oricare dintre

62 Cavelos, p. 26.

situații, existența unei planete mici, „terestre", orbitând în zona Goldilocks ar fi imposibilă. Dacă planeta jupiteriană orbitează prea aproape de steaua-mamă, înseamnă că acea planetă a migrat de la o mare distanță și, pe o traiectorie spiralată, s-a apropiat treptat de centrul sistemului solar (probabil din cauza frecării provocate de praf). Într-un asemenea caz, planeta jupiteriană va intersecta, în cele din urmă, orbita planetei mai mici, de dimensiuni terestre, aruncând-o în spațiul cosmic. Instrumentele noastre sunt atât de rudimentare, încât nu pot detecta decât planeta cea mai mare, de dimensiuni jupiteriene, și cea mai rapidă, care poate avea un efect măsurabil asupra stelei-mamă. Iată de ce nu e surprinzător că telescoapele din zilele noastre nu pot detecta decât planetele gigantice care se mișcă cu viteză mare prin spațiu. Dacă un geamăn identic sistemului nostru solar ar exista în spațiu, instrumentele noastre ar fi probabil prea rudimentare pentru a-l găsi.

Toate acestea s-ar putea schimba odată cu lansarea sateliților *Corot*, *Kepler* și *Terrestrial Planet Finder*, destinați să localizeze în spațiu câteva sute de planete asemănătoare pământului. Sateliții Corot și Kepler, de exemplu, vor examina umbrele abia vizibile aruncate de o planetă cvasiterestră pe suprafața stelei-mamă, reducându-i puțin lumina. Deși planetele cvasiterestre nu vor fi vizibile, reducerea luminii provenite de la steaua-mamă poate fi detectată de satelit.

Satelitul francez *Corot* (termen franțuzesc pentru convecție, rotație stelară și tranzituri planetare) a fost lansat cu succes în decembrie 2006 și reprezintă un moment de cotitură, fiind prima sondă spațială destinată căutării planetelor extrasolare. Oamenii de știință speră să găsească între zece și patruzeci de planete cvasiterestre. Dacă vor reuși, planetele vor fi probabil stâncoase, nu giganți

gazoși, și vor fi doar de câteva ori mai mari decât Pământul. *Corot* se va adăuga probabil numeroaselor planete jupiteriene deja descoperite în spațiu. „*Corot* va fi în măsură să găsească planete extrasolare de toate dimensiunile și de toate naturile, spre deosebire de ceea ce putem face de la sol în momentul de față", spune astronomul Claude Catala. În total, oamenii de știință speră ca satelitul să scaneze până la 120 000 de stele.

Oricând s-ar putea întâmpla ca satelitului *Corot* să găsească dovezi privind prima planetă de tip terestru din spațiu, ceea ce va reprezenta un moment de cotitură în istoria astronomiei. În viitor, oamenii s-ar putea să aibă un șoc existențial când se vor uita noaptea la cer și-și vor da seama că undeva, departe, ar putea exista planete care să găzduiască viață inteligentă. Când vom privi la cer, în viitor, s-ar putea să ne întrebăm dacă nu cumva cineva de acolo se uită și el la noi.

Satelitul *Kepler* este programat pentru lansare spre sfârșitul anului 2008 de către NASA. Este atât de sensibil, încât ar putea fi în stare să detecteze până la câteva sute de planete de tip terestru în spațiul cosmic. El va măsura strălucirea a 100 000 de stele, ca să detecteze mișcarea oricărei planete care traversează fața unei stele. În cei patru ani în care va funcționa, Kepler va analiza și va monitoriza mii de stele aflate la distanțe de până la 1 950 de ani-lumină față de Pământ. În primul său an pe orbită, oamenii de știință se așteaptă ca satelitul să găsească aproximativ

- 50 de planete de dimensiuni apropiate de a Terrei,
- 185 de planete mai mari cu circa 30% decât Terra și
- 640 de planete cam de 2,2 ori mai mari decât Terra.

Terrestrial Planet Finder s-ar putea să aibă și mai multe șanse să găsească planete de tip terestru. După câteva amânări, a fost programat pentru lansare în 2014; el va analiza cu mare precizie până la o sută de mii de stele situate la distanțe de până la 45 de ani-lumină. Va fi echipat cu două dispozitive separate pentru căutarea unor planete îndepărtate. Primul este un coronagraf, un telescop special care estompează lumina provenită de la steaua-mamă, reducându-i intensitatea de un miliard de ori. Telescopul va fi de trei până la patru ori mai mare decât Telescopul Spațial Hubble și de zece ori mai precis. Al doilea dispozitiv de pe Finder va fi un interferometru, care folosește interferența undelor luminoase pentru a diminua intensitatea luminii de la steaua-mamă de un milion de ori.

Între timp, Agenția Spațială Europeană plănuiește să-și lanseze propriul „descoperitor de planete", *Darwin*, care va fi trimis pe orbită în 2015 sau mai târziu. Este proiectat să fie alcătuit din trei telescoape spațiale, fiecare cu diametrul de trei metri, care să se deplaseze în formație și să acționeze ca un singur interferometru de mari dimensiuni. Misiunea lui va fi, totodată, de identificare a planetelor de tip terestru din spațiul cosmic.

Identificarea a sute de planete de tip terestru în spațiul cosmic va ajuta la refocalizarea eforturilor SETI. În loc să scaneze la întâmplare stelele apropiate, astronomii vor fi în măsură să-și concentreze eforturile asupra unui număr mic de stele, care ar putea să adăpostească o planetă asemănătoare cu Pământul.

CUM ARATĂ EXTRATEREȘTRII?

Alți oameni de știință au încercat să folosească fizica, biologia și chimia pentru a ghici cum ar putea să arate formele de viață extraterestre. Isaac Newton, de exemplu, s-a întrebat de ce toate animalele pe care le vedea în jur posedau doi ochi cu simetrie bilaterală, două brațe și două picioare aranjate simetric. Era asta un accident fortuit sau materializarea voinței divine?

Astăzi, biologii consideră că în timpul „exploziei cambriene", din urmă cu circa o jumătate de milion de ani, natura a experimentat cu o mare varietate de forme și înfățișări pentru creaturile multicelulare minuscule pe cale de apariție. Unele aveau coloana vertebrală în formă de X, Y sau Z. Altele aveau o simetrie radială, precum steaua de mare. Din întâmplare, una dintre aceste creaturi avea o coloană vertebrală în formă de I, cu simetrie bilaterală, și acela este strămoșul majorității mamiferelor de pe Pământ. Așa că, în principiu, forma umanoidă cu simetrie bilaterală, aceeași pe care Hollywoodul o folosește pentru a-i descrie pe extratereștrii din spațiul cosmic, nu se aplică în mod necesar la întreaga viață inteligentă.

Unii biologi cred că motivul pentru care diferite forme de viață au înflorit în timpul exploziei cambriene îl constituie „cursa înarmărilor" dintre prădător și pradă. Apariția primelor organisme pluricelulare care puteau să devoreze alte organisme a forțat evoluția accelerată a celor două tipuri de organisme, fiecare dintre ele străduindu-se să-l depășească pe celălalt în rapiditate și eficiență. Așa cum s-a întâmplat în timpul cursei înarmărilor din timpul războiului rece, dintre Statele Unite ale Americii și Uniunea Sovietică, fiecare parte trebuia să se grăbească pentru a i-o lua înainte celeilalte.

Cercetând cum a evoluat viața pe această planetă, s-ar putea face următoarele speculații privind modul în care este posibil ca formele de viață inteligentă să fi evoluat pe Pământ. Oamenii de știință au ajuns la concluzia că viața inteligentă necesită:

1. Un fel de vedere sau un mecanism senzitiv pentru explorarea mediului;
2. Un fel de deget mare pentru apucare — ar putea fi la fel de bine un tentacul sau o gheară;
3. Un fel de sistem de comunicare, cum ar fi vorbirea.

Aceste trei caracteristici sunt necesare pentru a „simți" mediul și, în cele din urmă, pentru a-l manipula — ambele aspecte fiind manifestări ale inteligenței. Dar dincolo de aceste trei caracteristici, nu există niciun fel de restricții. Spre deosebire de atâtea filme văzute la televizor, un extraterestru nu trebuie deloc să semene cu un om. De fapt, extratereștrii cu fețe de copii sau cu ochi bulbucați de insecte, pe care-i putem vedea la televizor sau la cinematograf, seamănă suspect de mult cu extratereștrii din filmele de categorie B din anii 1950, care sunt ferm înrădăcinați în inconștientul nostru.

(Totuși unii antropologi au adăugat un al patrulea criteriu pentru viața inteligentă, ca să explice un aspect curios: oamenii sunt mult mai inteligenți decât ar avea nevoie ca să supraviețuiască în junglă. Creierele noastre pot asimila călătoria spațială, teoria cuantică și matematica avansată — seturi de deprinderi care sunt totalmente inutile pentru a vâna și a căuta hrană prin pădure. De ce acest exces de deșteptăciune? În natură, când vedem perechi de animale

precum ghepardul și antilopa, care posedă deprinderi ieșite din comun, depășindu-le cu mult pe cele necesare supraviețuirii, constatăm că între respectivele animale a existat o cursă a înarmării. În mod similar, unii oameni de știință cred că există un al patrulea criteriu, o „cursă a înarmării" biologică, ce a avut ca efect stimularea oamenilor inteligenți. Probabil că respectiva cursă a fost împotriva altor membri ai speciei noastre.)

Gândiți-vă la toate formele de viață remarcabil de diverse de pe Terra. Dacă, de exemplu, una dintre ele ar putea să procreeze octopode vreme de câteva milioane de ani, este de conceput că și membrii acelei specii ar putea deveni inteligenți. (Noi ne-am separat de maimuțe cu șase milioane de ani în urmă, probabil deoarece nu eram prea bine adaptați la mediul schimbător al Africii. Prin contrast, caracatița este foarte bine adaptată la viața pe care o duce sub stânci și, în consecință, n-a evoluat vreme de milioane de ani.) Biochimistul Clifford Pickover spune că atunci când privește la toate acele „crustacee cu aspect aiuritor, la meduzele cu tentacule moi și umede, la viermii hermafrodiți grotești și la eucariote, îmi dau seama că Dumnezeu are simțul umorului și că vom vedea această trăsătură reflectată și în alte forme de viață din univers".

Totuși, probabil că realizatorii de film de la Hollywood au dreptate când descriu formele de viață extraterestre inteligente ca fiind carnivore. Pe lângă faptul că făpturile extraterestre care se hrănesc cu carne asigură vânzări spectaculoase, această descriere conține și un sâmbure de adevăr. Animalele de pradă sunt, de regulă, mai inteligente decât cele pe care le vânează. Prădătoarele trebuie să se folosească de șiretenie pentru a plănui, a sta la pândă, a se ascunde și a-și ataca prada. Vulpile, câinii, tigrii și leii au ochii situați în partea frontală a feței, ca să

poată aprecia distanțele atunci când se reped asupra prăzii. Cu ajutorul celor doi ochi, ei se pot folosi de vederea stereo tridimensională ca să determine poziția exactă a prăzii. Pe de altă parte, animalele vânate, cum ar fi căprioarele și iepurii, nu trebuie decât să știe să fugă. Ochii lor sunt situați pe părțile laterale ale feței, ca să poată scana împrejurimile la 360° în căutarea prădătoarelor.

Cu alte cuvinte, viața inteligentă din spațiul cosmic s-ar putea foarte bine să evolueze pornind de la animale de pradă dotate cu ochi sau cu un alt organ de simț, pe partea frontală a feței. Acestea ar putea să posede un comportament agresiv, de animal carnivor, caracterizat de teritorialitate, așa cum găsim la lupi, lei și oameni pe Pământ. (Dar cum asemenea forme de viață vor fi bazate probabil pe un ADN și pe molecule de proteină totalmente diferite, nu vor avea niciun interes să ne mănânce sau să se împerecheze cu noi.)

Am mai putea folosi fizica pentru a face supoziții privind dimensiunile corporale pe care le-ar avea extratereștrii. Presupunând că trăiesc pe planete de dimensiunea Pământului și au aproximativ aceeași densitate ca și apa, precum formele de viață terestre, atunci creaturile gigantice nu sunt posibile din cauza restricțiilor impuse de *legea scării dimensionale*, care stabilește că legile fizicii se modifică drastic dacă mărim scara dimensională a oricărui obiect.

MONȘTRII ȘI LEGEA SCĂRII DIMENSIONALE

Dacă, de exemplu, King Kong ar fi existat cu adevărat, n-ar fi fost capabil să terorizeze orașul New York. Dimpotrivă, picioarele i s-ar fi frânt din clipa în care ar fi

făcut primul pas. Aceasta este din cauza faptului că, dacă iei o maimuță și-i crești dimensiunea de 10 ori, atunci greutatea sa va crește direct proporțional cu creșterea volumului, sau de 10 × 10 × 10 = 1 000 ori. Așadar, va fi de 1 000 de ori mai greu. Dar forța lui crește proporțional cu grosimea oaselor și a mușchilor. Aria secțiunii transversale a oaselor și a mușchilor va crește doar cu pătratul distanței, respectiv, de 10 × 10 = 100 de ori. Cu alte cuvinte, în cazul în care King Kong ar fi de 10 ori mai mare, el ar fi de doar 100 de ori mai puternic, dar ar cântări de 1 000 de ori mai mult. Astfel, greutatea maimuței crește mult mai rapid decât forța acesteia, pe măsură ce îi creștem dimensiunea. King Kong ar fi, în termeni relativi, de 10 ori mai slab decât o maimuță normală. Și tocmai acesta ar fi motivul pentru care i s-ar frânge picioarele.

Îmi amintesc de învățătorul din școala elementară care se minuna de puterea unei furnici, care poate ridica o frunză mai grea de câteva ori decât furnica respectivă. Învățătorul meu a tras concluzia că, dacă furnica ar fi mare cât o casă, ar putea să ridice acea casă. Dar această presupunere este incorectă din același motiv ca în cazul lui King Kong. Dacă o furnică ar avea dimensiunea unei case, picioarele ei s-ar frânge și ele. Dacă mărești scara dimensională a unei furnici cu un factor de 1 000, atunci aceasta ar fi de 1 000 de ori mai slabă decât o furnică normală și, din acest motiv, s-ar prăbuși sub povara propriei greutăți. (Totodată, s-ar sufoca. O furnică respiră prin orificiile din părțile laterale ale corpului. Aria acestor orificii crește cu pătratul razei, dar volumul furnicii crește proporțional cu cubul razei. Prin urmare, o furnică mai mare de 1 000 de ori decât una obișnuită ar avea de 1 000 de ori mai puțin aer decât ar fi necesar ca să-și oxigeneze mușchii și țesuturile corporale. Acesta este

și motivul pentru care campionii la patinaj artistic și la gimnastică tind să fie mai scunzi decât media, cu toate că au aceleași proporții ca oricare altul. La un calcul per kilogram de greutate corporală, ei au o forță musculară proporțional mai mare decât oamenii mai înalți.)

Folosind legea scării dimensionale, putem să calculăm și forma aproximativă a animalelor de pe Pământ și, posibil, a extratereștrilor din spațiu. Căldura emisă de un animal crește odată cu suprafața sa corporală. De aici, creșterea dimensiunii de zece ori duce la o creștere a pierderii de căldură de 10 × 10 = 100 de ori. Dar conținutul caloric al corpului este proporțional cu volumul său, respectiv 10 × 10 × 10 = 1000. Prin urmare, animalele mari pierd căldură mai lent decât cele mici. (Acesta este motivul pentru care iarna degetele și urechile ne îngheață primele, dat fiind că au cea mai mare suprafață relativă, și de aceea oamenii scunzi „răcesc" mai rapid decât oamenii corpolenți. Explică de ce ziarele ard foarte repede, datorită ariei superficiale relative mari, în vreme ce bușteni ard foarte lent, având aceeași arie superficială mică. Explică, de asemenea, de ce balenele din Oceanul Arctic au o formă rotunjită — pentru că sfera are cea mai mică suprafață posibilă raportat la unitatea de masă. Și de ce insectele din mediile calde își pot permite să aibă o formă fusiformă, cu o arie superficială relativ mare per unitatea de masă.

În filmul realizat de studiourile Disney, *Honey, I Shrunk the Kids*, o familie este redusă la dimensiunile furnicilor. Se stârnește o furtună, și în acea microlume vedem cum picăturile minuscule de apă cad peste băltoace. În realitate, o picătură de ploaie văzută de o furnică nu ar apărea deloc ca fiind minusculă, ci un gogoloi sau o emisferă uriașă de apă. În lumea noastră, o movilă emisferică de

apă este instabilă, iar gravitația o va face să se prăbușească din pricina propriei greutăți. Dar în microlume, tensiunea superficială este relativ mare, așa încât o „movilă" emisferică de apă este perfect stabilă.

În mod similar, în spațiul cosmic putem estima raportul aproximativ dintre suprafață și volum pe planetele îndepărtate folosind legile fizicii. Cu ajutorul acestor legi putem teoretiza că, foarte probabil, extratereștrii din spațiul cosmic nu vor fi giganții portretizați în science-fiction, ci mai degrabă vor semăna, la dimensiuni, cu noi. (Balenele totuși pot avea dimensiuni mult mai mari datorită forței ascensionale a apei marine. Asta explică și de ce o balenă eșuată pe țărm moare — pentru că este zdrobită de propria greutate.)

Legea scării dimensionale înseamnă că legile fizicii se modifică pe măsură ce pătrundem tot mai adânc în lumea microscopică. Astfel se explică de ce teoria cuantică ni se pare atât de bizară, violând ideile despre univers formate pe baza bunului simț. Așadar, legea scării dimensionale exclude ideea familiară de lumi în interiorul lumilor pe care o întâlnim în science-fiction sau, altfel spus, ideea că în interiorul unui atom ar putea exista un întreg univers sau că galaxia noastră ar putea fi un atom dintr-un univers mult mai mare. Această idee a fost explorată în filmul *Men in Black*. În scena finală a filmului, camera se îndepărtează de Pământ, de planete, stele și galaxii, până când întregul nostru univers devine doar o singură minge într-un joc extraterestru gigantic, jucat de niște extratereștri uriași.

În realitate, o galaxie de stele nu seamănă deloc cu un atom; înăuntrul atomului, electronii sunt total diferiți de planete. Știm că toate planetele sunt foarte diferite de celelalte și că se pot roti pe orbite la orice

distanțe față de steaua-mamă. În schimb, în atomi, toate particulele subatomice sunt identice. Ele nu pot orbita la orice distanță față de nucleu, ci doar pe orbite discrete. (Mai mult, spre deosebire de planete, electronii pot manifesta un comportament bizar, care violează legile bunului simț, cum ar fi faptul că se pot afla în două locuri simultan sau că posedă proprietăți ondulatorii.)

FIZICA CIVILIZAȚIILOR AVANSATE

Este, de asemenea, posibil să schițăm, cu ajutorul fizicii, contururile unor civilizații care pot exista în spațiu. Dacă cercetăm dezvoltarea civilizației de-a lungul ultimilor 100 000 de ani, de la apariția oamenilor moderni în Africa, aceasta poate fi văzută ca o poveste a consumului crescând de energie. Astrofizicianul rus Nikolai Kardașev a emis ipoteza că etapele de dezvoltare a unei civilizații extraterestre în univers ar putea fi clasificate în funcție de consumul energetic. Folosind legile fizicii, el a grupat civilizațiile posibile în trei categorii:

1. Civilizațiile de tipul I: cele care captează energia planetară, utilizând întreaga lumină solară care ajunge la planeta lor. Acestea pot, probabil, să stăpânească energia vulcanilor, să manipuleze clima, să controleze cutremurele de pământ și să construiască orașe pe ocean. Întreaga energie a planetei se află sub controlul lor.

2. Civilizațiile de tipul II: cele care pot utiliza întreaga putere a soarelui lor, ceea ce-i

face de 10 miliarde de ori mai puternici decât o civilizație de tip I. Federația Planetelor din *Star Trek* este o civilizație de tip II. Într-un sens, o civilizație de tip II este nemuritoare; nimic din ceea ce e cunoscut de către știință, cum ar fi erele glaciare, impactul meteorilor sau chiar supernovele, nu o poate distruge. (În situația în care Soarele lor este pe cale să explodeze, aceste ființe se pot muta într-un alt sistem solar sau ar putea chiar să-și mute planeta-mamă.)

3. Civilizații de tip III: cele care pot utiliza energia unei întregi galaxii. Acestea sunt de 10 miliarde de ori mai puternice decât o civilizație de tip II. Borg-ul din *Star Trek*, Imperiul din *Războiul stelelor* și civilizația galactică din *Fundația* lui Asimov corespund unei civilizații de tip III. Acestea au colonizat miliarde de sisteme solare și pot exploata energia găurii negre din centrul galaxiei lor. Ei se plimbă în voie pe rutele spațiale ale galaxiei.

Kardașev a estimat că orice civilizație care își crește consumul energetic într-un ritm modest, de câteva procente anual, va progresa rapid de la un tip la celălalt, în decurs de câteva mii până la câteva zeci de mii de ani.

Așa cum am discutat și în cărțile mele precedente, civilizația noastră intră în categoria civilizațiilor de tip 0 (adică, folosim plante moarte, petrol și cărbuni drept combustibil pentru mașinile noastre).[63] Noi utilizăm doar o fracțiune minusculă din energia solară care ajunge la

63 În general, deși limbile și culturile locale vor continua să prospere în diferite regiuni ale planetei, vor lua naștere o limbă și o cultură planetară, care se vor răspândi pe toate continentele. Culturile globală și locală vor exista simultan. Această situație deja există la nivelul elitelor tuturor societăților.

Există totodată forțe care se opun acestei evoluții spre un sistem planetar. E vorba de teroriști, care, inconștient și instinctiv, își dau seama că progresul spre o civilizație planetară va face din toleranță și pluralismul secular cheia de boltă a culturii care se va naște, iar această perspectivă este o amenințare pentru oamenii care se simt mai în largul lor trăindu-și viața în ultimul mileniu.

planeta noastră. Dar deja putem vedea începuturile apariției pe Pământ a unei civilizații de tip I. Internetul este începutul unui sistem de telefonie de tip I care conectează întreaga planetă. Începutul unei economii de tip I poate fi văzut în apariția Uniunii Europene, care, la rândul ei, a fost creată ca să concureze cu NAFTA. Engleza este deja cea mai răspândită limbă secundară din lume și este limba folosită în știință, în finanțe și afaceri. Îmi imaginez că s-ar putea să devină o limbă de tip I, vorbită practic de către oricine. Culturile și obiceiurile locale vor continua să prospere în mii de varietăți pe Pământ, dar peste acest mozaic al populațiilor se va suprapune o cultură planetară, probabil dominată de cultura tânără și de comercialism.

Tranziția între o civilizație și următoarea este departe de a fi garantată. Cea mai periculoasă tranziție, de exemplu, s-ar putea să fie între civilizațiile de tip 0 și de tip I. O civilizație de tip 0 este încă afectată negativ de sectarism, fundamentalism și rasism, care îi caracterizează dezvoltarea, și nu este clar dacă aceste patimi tribale și religioase vor covârși tranziția. (Probabil că unul dintre motivele pentru care nu vedem civilizații de tip I în galaxie este faptul că acestea n-au făcut niciodată tranziția, cu alte cuvinte, s-au autodistrus. Atunci când vom vizita alte sisteme solare, s-ar putea să găsim rămășițe ale unor civilizații care s-au distrus singure într-un fel sau altul, de exemplu, atmosferele lor au devenit radioactive sau prea fierbinți ca să mai poată găzdui viața.)

În momentul în care o civilizație va ajunge la statutul de tip III, va poseda energia și „know-how-ul" pentru a călători în voie prin galaxie și chiar să ajungă la planeta Pământ. La fel ca în filmul *2001*, astfel de civilizații ar putea trimite foarte bine sonde robotizate autoreplicante prin întreaga galaxie, care să caute viața inteligentă.

Dar o civilizație de tip III nu va fi înclinată să ne viziteze sau să ne cucerească, ca în filmul *Ziua Independenței*, în care o astfel de civilizație se răspândește ca o invazie de lăcuste, roind în jurul planetelor pentru a le epuiza resursele energetice. În realitate, în spațiul cosmic există nenumărate planete moarte de pe care pot recolta vaste resurse minerale fără să fie nevoiți să aibă de-a face cu o populație refractară. Atitudinea lor față de noi ar putea să se asemene cu atitudinea noastră față de un mușuroi de furnici. Suntem înclinați nu să ne aplecăm și să le oferim furnicilor mărgeluțe și tinichele, ci pur și simplu să le ignorăm.

Principalul pericol cu care se confruntă furnicile nu este faptul că oamenii ar vrea să le invadeze sau să le anihileze, ci doar faptul că le vom călca în picioare pentru că ne stau în drum. Să ne amintim că distanța dintre o civilizație de tip III și civilizația noastră, de tip 0, este mult mai mare decât distanța dintre noi și furnici, în termeni de utilizare a energiei.

OZN-URI

Unii oameni susțin că extratereștrii ne-au vizitat deja planeta sub forma OZN-urilor. De obicei, oamenii de știință își dau ochii peste cap când aud de OZN-uri și resping posibilitatea din cauză că distanțele dintre stele sunt atât de mari. Dar indiferent de reacțiile oamenilor de știință, relatările despre OZN-uri nu și-au diminuat frecvența de-a lungul anilor.

Aparițiile de OZN-uri datează, de fapt, încă de la începuturile istoriei consemnate în documente. În Biblie, profetul Ezechiel pomenește enigmatic de niște „roți înăuntrul altor roți pe cer“, despre care unii cred că

este o referire la OZN-uri. În anul 1450 î. Hr., în timpul faraonului Thutmose al III-lea al Egiptului, scribii egipteni au consemnat un incident ce implica niște „cercuri de foc", mai strălucitoare decât soarele, având diametrul de circa 5 metri, care au apărut mai mult zile la rând, și, în cele din urmă, au urcat pe cer. În anul 91 î. Hr., autorul roman Iulius Obsequens scria despre „un obiect rotund, ca un glob, un scut rotund sau circular [care] și-a văzut de drumul său pe cer". În anul 1235, generalul Yoritsume și armata sa au văzut globuri ciudate de lumină dansând pe cer aproape de Kyoto, Japonia. În 1561, deasupra orașului german Nuremberg a fost văzute un mare număr de obiecte, ce păreau angajate într-o bătălie aeriană.

Mai recent, Forțele Aeriene ale Statelor Unite au desfășurat studii de amploare ale aparițiilor de OZN-uri. În 1952, Air Force a inițiat Proiectul Blue Book, care a analizat un număr total de 12 618 apariții. Raportul a conchis că imensa majoritate a acelor apariții putea fi explicată prin fenomene naturale, aviație convențională sau înșelătorii. Totuși circa 6% au fost clasificate ca având o origine necunoscută. Numai că, drept urmare a Raportului Condon, care a ajuns la concluzia că nu există nimic de valoare în astfel de studii, Proiectul Blue Book a fost terminat în 1969. A fost cel mai mare proiect de cercetare cunoscut dedicat OZN-urilor, inițiat de Forțele Aeriene americane.

În 2007, guvernul francez a dat publicității voluminosul dosar cu privire la OZN-uri. Raportul, pus la dispoziție pe Internet de către Centrul Național Francez pentru Studii Spațiale, include 1 600 de apariții OZN întinse pe un interval de cincizeci de ani, incluzând 100 000 de pagini de relatări ale unor martori oculari, filme și benzi audio. Guvernul francez a declarat că 9% dintre aceste

apariții pot fi explicate pe deplin, că 33% au explicații probabile, dar că nu au reușit să le explice pe cele rămase.

Firește, aceste apariții sunt dificil de verificat independent. De fapt, majoritatea relatărilor OZN, la o analiză mai atentă, pot fi respinse pe baza următoarelor motive:

1. Planeta Venus, care este cel mai luminos obiect de pe cer, după lună. Din cauza distanței uriașe față de Pământ, planeta pare să te urmărească atunci când te deplasezi cu mașina, creând iluzia că ar fi pilotată, în același fel în care luna pare să te urmărească. Noi judecăm distanța, parțial, comparând obiectele în mișcare cu mediul lor înconjurător. Întrucât luna și Venus sunt atât de depărtate, cu nimic în jur cu care să le comparăm, ele nu se mișcă față de mediul nostru înconjurător și, de aici, iluzia optică menționată mai sus.

2. Gazele de mlaștină. În timpul unei inversiuni de temperatură într-o regiune mlăștinoasă, gazul va pluti la mică distanță de sol și poate deveni ușor incandescent. Pungi mai mici de gaz se pot separa de o pungă mai mare, dând impresia că nave de cercetare părăsesc „nava/mamă".

3. Meteorii. Dâre strălucitoare de lumină pot străbate cerul nopții în câteva secunde, dând iluzia de navă pilotată. Aceștia se pot dezintegra, dând de asemenea iluzia de nave de cercetare care părăsesc nava-mamă.

4. Anomalii atmosferice. Există tot soiul de furtuni cu fulgere și evenimente atmosferice

neobișnuite care pot ilumina cerul în moduri stranii, dând iluzia unor OZN-uri.

În secolele XX și XXI, următoarele fenomene ar putea și ele să genereze apariții OZN:

1. Ecouri radar. Undele radar se pot reflecta de munți și crea ecouri, care apoi pot fi reperate de monitoarele radar. Astfel de unde par să se deplaseze în zigzag și cu mare viteză pe ecranele radar, pentru că nu sunt altceva decât niște ecouri.

2. Vremea și baloanele meteorologice. Militarii susțin, într-un raport controversat, că celebrul zvon al unei prăbușiri extraterestre la Roswell, New Mexico, a fost provocat de un balon rătăcit, ce aparținea de Proiectul Mogul, un proiect ultrasecret de monitorizare a nivelurilor de radiație din atmosferă în cazul izbucnirii unui război nuclear.

3. Aviația. Se cunoaște faptul că multe relatări OZN au fost provocate de avioane comerciale și militare. Acest lucru este adevărat îndeosebi pentru zborurile de testare efectuate de avioanele experimentale avansate, cum ar fi bombardierul *stealth*. (Forțele militare americane chiar au încurajat relatările despre farfuriile zburătoare, cu scopul de a abate atenția de la proiectele ultrasecrete.)

4. Înșelăciuni deliberate. Unele dintre cele mai cunoscute imagini despre care se susține că ar reprezenta farfurii zburătoare sunt, de

> fapt, niște înșelătorii. O bine cunoscută farfurie zburătoare, în care se văd hublouri și brațele de aterizare, era, de fapt, un dispozitiv modificat de hrănire a găinilor

Cel puțin 95% din apariții pot fi respinse din același motiv ca acela de mai sus. Ceea ce lasă totuși deschisă întrebarea cu privire la celelalte câteva procente de cazuri neexplicate. Cele mai credibile cazuri de OZN-uri implică (a) relatări multiple făcute de către martori independenți și credibili și (b) dovezi din surse multiple, cum ar fi vederea nemijlocită și semnale radar. Astfel de relatări sunt mai greu de respins, deoarece implică mai multe verificări independente. De exemplu, în 1986, deasupra statului Alaska, un OZN a fost văzut de către cei aflați în Cursa 1628 a companiei JAL, raportul fiind apoi investigat de către FAA, Administrația Federală a Aviației. OZN-ul a fost văzut de către pasagerii zborului respectiv și reperat de radarul de la sol. În mod similar, în anii 1989-1990, deasupra Belgiei, au fost semnalate numeroase triunghiuri negre, fiind reperate de către radarele NATO și de către avioanele de interceptare. În 1976, a avut loc o apariție deasupra capitalei iraniene, Teheran, care a avut drept urmare defectarea mai multor sisteme ale unui aparat de interceptare F-4, după cum menționează documentele CIA.

Oamenii de știință sunt frustrați de faptul că, dintre miile de apariții consemnate, niciuna nu a produs dovezi fizice concrete care să ducă la rezultate reproductibile în laborator. Niciun ADN de extraterestru, niciun microprocesor de computer extraterestru și nicio dovadă fizică a aterizării unei nave extraterestre nu au fost recuperate vreodată.

Presupunând, pentru moment, că astfel de OZN-uri ar putea fi niște astronave adevărate, și nu niște iluzii, am putea să ne punem întrebarea ce fel de astronave ar fi acestea. Iată câteva dintre caracteristicile care au fost consemnate de către observatori.

a. Sunt cunoscute că se deplasează în zigzag prin aer.

b. Se știe că la trecerea lor, sistemele de pornire ale mașinilor nu mai funcționează, iar curentul electric este întrerupt.

c. Plutesc fără zgomot prin aer.

Niciuna dintre aceste caracteristici nu se potrivește cu descrierea rachetelor pe care le-am dezvoltat pe Pământ. De exemplu, toate rachetele cunoscute se bazează pe a treia lege a mișcării formulată de Newton (pentru fiecare acțiune, există o reacțiune egală și de sens contrar); și totuși OZN-urile citate nu par să aibă vreun fel de evacuare. Iar forțele gravitaționale create de către farfuriile zburătoare în deplasarea lor zigzagată ar depăși de o sută de ori forța gravitațională a Pământului, respectiv, forțele gravitaționale ar fi suficiente ca să aplatizeze orice creatură terestră.

Poate știința modernă să explice aceste caracteristici ale OZN-urilor? În filme precum *Earth vs. the Flying Saucers (Pământul împotriva farfuriilor zburătoare)*, se presupune întotdeauna că ființele extraterestre pilotează aceste nave. Mai probabil totuși este ca, dacă astfel de nave există, să nu aibă echipaj (sau să fie pilotată de o ființă care să fie parțial organică, parțial mecanică). Aceasta ar explica de ce nava poate să execute traiectorii generatoare de forțe gravitaționale care, în condiții normale, ar zdrobi o ființă vie.

O navă care să defecteze sistemul de pornire al mașinii și să se deplaseze în liniște prin aer sugerează un vehicul propulsat prin magnetism. Problema cu propulsia magnetică este că magneții au întotdeauna doi poli, nord și sud. Dacă plasezi un magnet în câmpul magnetic terestru, acesta se va roti, pur și simplu (ca un ac de busolă), mai curând decât să se ridice în aer ca un OZN; când polul sud al magnetului se mișcă într-o direcție, polul nord se mișcă în direcția opusă, așa încât magnetul se rotește și nu se mai deplasează nicăieri.

O soluție posibilă la această problemă este folosirea „monopolilor", cu alte cuvinte, magneți cu un singur pol, fie nord, fie sud. În mod normal, dacă spargi un magnet în două, nu obții doi monopoli. În schimb, fiecare jumătate de magnet devine ea însăși un magnet, cu propriii săi poli nord și sud; adică, devine un nou dipol. Așa încât, dacă continui să fragmentezi un magnet, vei găsi întotdeauna perechi de poli. (Procesul de fragmentare a unui dipol magnetic pentru a crea dipoli magnetici mai mici continuă până la scară atomică, la care atomii înșiși sunt niște dipoli.)

Problema pentru oamenii de știință este că monopolii n-au fost întâlniți niciodată în laborator. Fizicienii au încercat să fotografieze urma unui monopol care se mișca prin echipamentul lor și n-au reușit (exceptând o singură imagine, și aceea puternic contestată, luată la Universitatea Stanford în 1982).

Cu toate că monopolii n-au fost niciodată văzuți în mod concludent în condiții experimentale, majoritatea fizicienilor consideră că universul a avut o abundență de monopoli în momentul Big Bangului. Această idee este integrată în ultimele teorii cosmologice referitoare la Big

Bang. Dar dat fiind că universul s-a expandat rapid după Big Bang, densitatea monopolilor în întreg universul a fost diluată, așa încât nu-i mai întâlnim în laborator astăzi. (De fapt, lipsa monopolilor în zilele noastre a fost observația esențială care i-a făcut pe fizicieni să propună ideea de univers inflaționist. Prin urmare, conceptul de monopoli reminiscenți este bine înrădăcinat în fizică.)

În consecință, este de conceput că o specie navigatoare prin spațiu ar putea fi capabilă să culeagă „monopolii primordiali" rămași de pe urma Big Bangului prin întinderea unui imens „năvod" magnetic, în spațiul cosmic. Din momentul în care vor fi adunat suficienți monopoli, ei pot naviga prin spațiu, folosind liniile de câmp magnetic găsite în întreaga galaxie sau pe o planetă, fără să creeze gaze de evacuare. Dat fiind că monopolii sunt un subiect de mare interes pentru mulți cosmologi, existența unei astfel de nave spațiale este cu siguranță compatibilă cu gândirea curentă din fizică.

În sfârșit, orice civilizație extraterestră îndeajuns de avansată ca să expedieze nave spațiale în întreg universul, cu siguranță că stăpânește și nanotehnologia. Aceasta ar însemna că navele lor nu vor trebui să fie foarte voluminoase; ele pot fi trimise cu milioanele ca să exploreze planetele locuite. Sateliții naturali nepopulați ar fi, probabil, cele mai bune baze pentru aceste nanonave. Dacă așa stau lucrurile, atunci probabil că Luna noastră a fost vizitată în trecut de către o civilizație de tip III, similar scenariului descris în filmul *2001*, care este probabil cea mai realistă descriere a unei întâlniri cu o civilizație extraterestră. Mai mult decât probabil, nava ar fi lipsită de echipaj, robotizată, și ar fi plasată pe lună. (Ar putea să mai treacă un secol până când tehnologia noastră ar avansa îndeajuns pentru a scana

în întregime Luna în căutarea unor anomalii de radiație și pentru a fi capabilă să detecteze dovezi străvechi ale unor vizite anterioare efectuate de către niște nano-nave.)

Dacă într-adevăr Luna noastră a fost vizitată în trecut sau a fost locul unei baze nanotehnologice, atunci aceasta ar putea explica de ce OZN-urile nu sunt în mod necesar de mari dimensiuni. Unii oameni de știință au respins ideea de OZN, deoarece acestea nu se încadrează în mecanismele uriașe de propulsie elaborate de inginerii din zilele noastre, cum ar fi motoarele de fuziune cu propulsie de tip *ramjet*, imense pânze propulsate cu ajutorul laserelor și motoare cu pulsuri nucleare, care ar putea avea dimensiuni de ordinul kilometrilor. În schimb, OZN-urile pot avea dimensiunile unui avion cu reacție. Dar dacă există o bază lunară permanentă rămasă de la o vizită precedentă, atunci OZN-urile nu trebuie să fie mari; ele se pot realimenta de la baza lunară din apropiere. Așa încât aparițiile semnalate pot corespunde unor nave de recunoaștere fără echipaj, care își au originea pe baza lunară.

Datorită progreselor rapide în SETI și descoperirii planetelor extrasolare, contactul cu viața extraterestră, presupunând că aceasta există în vecinătatea noastră, s-ar putea produce în acest secol, făcând un asemenea contact să devină o imposibilitate de clasa I. Dacă civilizațiile extraterestre există în spațiul cosmic, următoarele întrebări evidente sunt: Vom avea vreodată mijloacele să ajungem la ele? Și cum rămâne cu viitorul nostru îndepărtat, când soarele va începe să se expandeze și să devoreze Pământul? Oare destinul nostru stă scris cu adevărat în stele?

IMPOSIBILITĂȚI DE CLASA I

9. NAVELE SPAȚIALE

Ideea prostească de a trimite proiectile spre Lună este un exemplu despre cât de departe îi poate purta pe oamenii de știință specializarea defectuoasă... propunerea pare să fie, în esență, imposibilă.

A. W. BICKERTON, 1926

După toate probabilitățile, partea cea mai rafinată a omenirii nu va pieri niciodată — oamenii vor migra de la o stea la alta în momentul în care vor fi în pericol de dispariție. Prin urmare, nu există sfârșit pentru viață, pentru intelect și pentru perfecțiunea omenirii. Progresul ei este etern.

KONSTANTIN E. ȚIOLKOVSKI, PĂRINTELE ȘTIINȚEI CONSTRUIRII RACHETELOR

Într-o zi din viitorul îndepărtat, vom avea parte de ultima noastră zi frumoasă pe Pământ. În cele din urmă, peste câteva miliarde de ani, cerul va lua foc. Soarele se va umfla și va deveni un infern dezlănțuit ce va umple în întregime cerul, făcând ca toate celelalte să pară pitice, prin comparație. Odată cu creșterea bruscă a temperaturilor pe Pământ, apele oceanelor vor fierbe și se vor evapora, lăsând în urmă un peisaj pârjolit. În final, munții se vor topi și vor deveni lichizi, creând torente de lavă acolo unde cândva se înălțau orașe pline de viață.

Conform legilor fizicii, acest scenariu sumbru este inevitabil. În final, Pământul va muri incendiat, fiind mistuit de către soare. Aceasta este o lege a fizicii.

Calamitatea aceasta va avea loc în următoarele cinci miliarde de ani. La o asemenea scară temporală cosmică, dezvoltarea și prăbușirea civilizațiilor umane sunt doar niște vălurele. Cândva, ori părăsim Pământul, ori murim. Așadar, cum se va descurca omenirea, urmașii noștri, atunci când condițiile de pe Pământ vor deveni de nesuportat?

Matematicianul și filosoful Bertrand Russell se plângea odată „că niciun incendiu, niciun eroism, nicio intensitate de gândire sau de simțire nu poate conserva o viață dincolo de mormânt; că toate eforturile atâtor epoci, tot devotamentul, toată inspirația, toată strălucirea de apogeu a geniului omenesc sunt sortite pieirii în imensa moarte a sistemului solar; și că întreg acest templu al realizărilor Omului trebuie să fie inevitabil îngropat sub rămășițele unui univers în ruine…“[64]

Pentru mine, aceasta este unul dintre pasajele cele mai profunde scrise în limba engleză. Dar Russell a scris acest pasaj într-o perioadă când rachetele erau considerate imposibile. Astăzi, perspectiva de a părăsi într-o zi Pământul nu mai e atât de improbabilă. Carl Sagan a scris cândva că oamenii ar trebui să devină „o specie bi-planetară“. Viața pe Pământ este atât de prețioasă, a spus el, încât ar trebui să ne extindem spre cel puțin o altă planetă nelocuibilă, în cazul unei catastrofe. Pământul se mișcă în mijlocul unei „galerii de proiectile cosmice“, alcătuită din asteroizi, comete și alte resturi care plutesc în apropiere de orbita Pământului, iar o ciocnire cu oricare dintre ele ar putea avea drept consecință dispariția noastră.

64 Kaku, *Hyperspace*, p. 302.

CATASTROFELE VIITOARE

Poetul Robert Frost a pus întrebarea dacă Pământul va sfârși în flăcări sau înghețat. Apelând la legile fizicii, putem prezice în mod rezonabil cum se va sfârși lumea în eventualitatea unei catastrofe naturale.

La o scară milenară, un pericol pentru civilizația umană este apariția unei noi ere glaciare. Ultima eră glaciară a luat sfârșit cu 10 000 de ani în urmă. Când următoarea se va instala, peste 10 000 până la 20 000 de ani, cea mai mare parte a Americii de Nord va fi acoperită cu un strat de gheață gros de circa 800 de metri. Civilizația umană a înflorit în timpul recentei perioade interglaciare de durată restrânsă, când Pământul a fost neobișnuit de cald, dar un asemenea ciclu nu poate dura la nesfârșit.

Pe parcursul câtorva milioane de ani, meteori sau comete de mari dimensiuni s-ar putea ciocni cu Pământul, având un efect devastator. Ultimul mare impact celest a avut loc cu 65 de milioane de ani în urmă, când un obiect cu diametrul de aproape 11 km a căzut în Peninsula Yukatan din Mexic, creând un crater cu diametrul de circa 290 de kilometri și provocând extincția dinozaurilor, care până atunci au fost forma de viață dominantă de pe Pământ. O altă coliziune cosmică este probabilă la aceeași scară temporală.

Peste câteva milioane de ani, Soarele se va expanda treptat și va „mistui" Pământul. De fapt, noi estimăm că soarele se va încălzi cu aproximativ zece procente în următorul miliard de ani, pârjolind Pământul. Planeta noastră va fi complet mistuită în 5 miliarde de ani, când Soarele nostru se va transforma într-o stea roșie uriașă. Pământul se va afla chiar interiorul atmosferei Soarelui.

Peste câteva zeci de miliarde de ani, atât Soarele, cât și Calea Lactee vor muri. Când Soarele își va epuiza în cele din urmă rezervele de combustibil, alcătuit din hidrogen și heliu, se va comprima într-o pitică albă și va începe să se răcească treptat, până când va deveni o bucată uriașă de reziduu nuclear negru, plutind prin vidul din spațiul cosmic. Galaxia Calea Lactee se va ciocni până la urmă cu galaxia învecinată, Andromeda, care este mult mai mare decât galaxia noastră. Brațele spiralate ale Căii Lactee se vor desprinde și Soarele nostru ar putea fi aruncat departe, în hăurile spațiului. Găurile negre din centrul celor două galaxii vor efectua un dans al morții înainte de a se ciocni și de a se contopi în final.

Deoarece omenirea va trebui într-o zi să părăsească sistemul solar și să ajungă pe stelele apropiate ca să supraviețuiască sau să piară, întrebarea este: cum vom ajunge acolo? Cel mai apropiat sistem stelar, Alfa Centauri, se află la peste 4 ani-lumină depărtare. Rachetele cu propulsie chimică obișnuite, caii de povară ai actualului program spațial, abia dacă ating 65 000 de kilometri pe oră. La o astfel de viteză, va fi nevoie de 70 000 de ani ca să vizităm cea mai apropiată stea.

Analizând programul spațial de astăzi, constatăm că există o prăpastie între capacitățile noastre actuale reduse și cerințele pentru o adevărată astronavă, care să ne permită să explorăm universul. De la explorarea lunii, la începutul anilor 1970, programul nostru spațial cu echipaj uman a trimis astronauți pe orbită la doar 480 de kilometri deasupra Pământului, cu naveta spațială și în cadrul Stației Spațiale Internaționale. Totuși până în 2010, NASA plănuiește să întrerupă naveta spațială ca să facă loc pentru astronava Orion, care, în cele din urmă, îi va duce pe

astronauți din nou pe Lună până în anul 2020, după o pauză de cincizeci de ani. Planul este să stabilim o bază lunară permanentă, cu echipaj uman. După aceea, ar putea fi lansată către Marte o misiune cu echipaj uman.

Este evident că, dacă vrem să ajungem la stele, trebuie descoperit un nou tip de propulsie pentru rachete. Ori creștem radical accelerația rachetelor noastre, ori va trebui să creștem durata de operare a rachetelor. O rachetă chimică de mari dimensiuni, de exemplu, ar putea să aibă o accelerație de câteva milioane de kilograme, dar arde doar câteva minute. Prin contrast, alte tipuri de rachetă, cum ar fi motorul ionic (descris în paragrafele următoare), poate avea o accelerație mică, dar poate funcționa ani de-a rândul în spațiul cosmic. În materie de rachete, țestoasa îl întrece pe iepure.

MOTOARELE IONICE ȘI CU PLASMĂ

Spre deosebire de rachetele chimice, motoarele ionice nu produc acea explozie bruscă și spectaculoasă de gaze super-fierbinți care propulsează rachetele convenționale. De fapt, forța lor propulsoare este adeseori măsurată în zeci de grame. Așezate pe o masă, pe Pământ, sunt prea slabe ca să se miște. Dar ceea ce le lipsește în privința forței de propulsie, compensează din plin prin durată, deoarece ele pot opera ani de zile în vidul din spațiul cosmic.

Un motor ionic tipic arată precum interiorul unui tub de televizor. Un filament fierbinte este încălzit de un curent electric, care creează un fascicul de atomi ionizați, cum ar fi xenonul, care este eliminat pe la coada rachetei.

În loc să se deplaseze în urma unei explozii de gaz fierbinte, exploziv, motoarele ionice călătoresc pe un flux slab, dar constant de ioni.

Propulsorul ionic al NASA, NSTAR, a fost testat în spațiul cosmic la bordul sondei *Deep Spate 1*, lansată în 1998. Motorul ionic a funcționat în total 678 de zile, stabilind un nou record pentru motoarele ionice. Agenția Spațială Europeană a testat și ea un motor ionic pe sonda *Smart 1*. Sonda spațială japoneză Hayabusa, care a zburat pe lângă un asteroid, a fost propulsată de patru motoare ionice cu xenon. Deși lipsit de spectaculozitate, motorul ionic va fi capabil să efectueze misiuni pe distanțe mari (care nu sunt urgente), între planete. De fapt, motoarele ionice ar putea să devină într-o zi caii de povară ai transportului interplanetar.

O versiune mai puternică a motorului ionic este motorul cu plasmă, de exemplu, VASIMR (*variable specific impulse magnetoplasma rocket* — racheta cu magnetoplasmă și impuls variabil specific), care folosește un jet de plasmă foarte puternic pentru a-l propulsa prin spațiu. Conceput de inginerul-astronaut Franklin Chang-Diaz, acesta folosește unde radio și câmpuri magnetice pentru a încălzi hidrogenul gazos la temperatura de un milion de grade Celsius. Această plasmă ultrafierbinte este apoi ejectată pe la coada rachetei, exercitând o forță de propulsie semnificativă. Prototipuri ale motorului au fost deja construite pe Pământ, deși niciunul nu a fost vreodată trimis în spațiu. Sunt ingineri care speră ca motorul cu plasmă să fie folosit pentru a asigura propulsia unei misiuni spre Marte, reducând semnificativ durata călătoriei până la planeta roșie, până la câteva luni. Unele proiecte folosesc energia solară pentru a energiza plasma din motor. Altele folosesc fisiunea nucleară (care provoacă îngrijorări în privința securității, dat fiind că implică

încărcarea unor mari cantități de materiale nucleare în spațiu pe niște nave susceptibile la accidente).

Totuși nici motorul ionic, nici cel cu plasmă — VASIMR — nu are suficientă putere ca să ne ducă până la stele. Pentru asta, avem nevoie de idei de propulsie cu totul noi. Unul din marile inconveniente ale proiectării unei astronave este dat de cantitatea imensă de combustibil necesar pentru efectuarea unei călătorii, chiar și până la cea mai apropiată stea, și lungul interval de timp scurs până când nava ajunge la destinație.

PÂNZELE SOLARE

O propunere care ar putea rezolva aceste probleme este pânza solară. Ea exploatează faptul că lumina soarelui exercită o presiune foarte mică, dar constantă, suficientă pentru a propulsa o pânză uriașă în spațiu. Ideea pânzei solare este veche, încă de pe vremea marelui astronom Johannes Kepler, care a descris-o în tratatul lui din 1611, *Somnium*.

Cu toate că fizica din spatele unei pânze solare este destul de simplă, s-au înregistrat progrese sporadice în crearea concretă a unei pânze solare care să poată fi trimisă în spațiu. În 2004, o rachetă japoneză a desfășurat cu succes două mici prototipuri de pânze solare în spațiul cosmic. În 2005, Societatea Planetară, Cosmos Studios, și Academia de Științe din Rusia au lansat pânza spațială *Cosmos 1* de pe un submarin din Marea Barents, dar racheta purtătoare Volna a eșuat, iar pânza nu a mai ajuns pe orbită. (O încercare anterioară de lansare a unei pânze suborbitale a eșuat în 2001.) Dar în februarie 2006, o pânză solară de 15 metri a fost trimisă cu succes pe orbită

de către racheta japoneză M-V, cu toate că pânza s-a deschis incomplet.

Deși progresul în tehnologia pânzelor solare a fost dureros de lent, susținătorii acestui tip de propulsie au o altă idee care ar putea să-i ducă până la stele: construirea unei uriașe baterii de lasere pe Lună care să trimită fascicule intense de lumină laser către o pânză solară, permițându-i acesteia să navigheze până la cea mai apropiată stea. Conceptele de fizică ce stau la baza unei asemenea pânze solare interplanetare sunt de-a dreptul descurajante. Pânza propriu-zisă va trebui să aibă o anvergură de câteva sute de kilometri și să fie construită integral în spațiul cosmic. Apoi vor trebui construite mii de lasere puternice pe Lună, fiecare dintre ele fiind capabil să emită continuu, de la câțiva ani până la câteva decenii. (Într-una dintre estimări, ar fi necesar să acționeze lasere care să posede o energie cumulată de o mie de ori mai mare decât energia totală produsă pe planeta Pământ.)

Pe hârtie, o asemenea pânză imensă ar putea fi capabilă să se deplaseze cu jumătate din viteza luminii. Ca să ajungă la cele mai apropiate stele, unei astfel de pânze solare i-ar fi necesari doar circa opt ani. Avantajul unui astfel de sistem de propulsie este că ar putea folosi tehnologii existente. Nu vor trebui descoperite noi legi ale fizicii, ca să se creeze o asemenea pânză solară. Dar principalele probleme sunt de natură economică și tehnică. Problemele de inginerie, generate de realizarea unei pânze cu anvergura de câteva sute de kilometri, energizată de mii de fascicule laser plasate pe lună, sunt formidabile, necesitând o tehnologie ce ar putea fi disponibilă abia peste un secol. (Una dintre problemele legate de pânza solară interstelară este întoarcerea pe Pământ. Va trebui să se creeze o a doua

baterie de fascicule laser pe un satelit natural îndepărtat, care să propulseze nava înapoi spre Pământ. Sau poate că nava va putea ocoli rapid steaua, folosind-o ca pe o praștie ca să capete viteză suficientă pentru drumul de întoarcere. Apoi laserele de pe Lună vor fi folosite pentru decelerarea pânzei, astfel încât aceasta să poată ateriza pe Pământ.)

FUZIUNEA RAMJET

Candidatul meu preferat pentru a ne duce către stele este motorul cu fuziune ramjet. În univers, hidrogenul se găsește din abundență, așa încât un motor ramjet ar putea să adune hidrogen în timp ce călătorește prin spațiul cosmic, ceea ce-i conferă o sursă inepuizabilă de combustibil de rachetă. După ce hidrogenul a fost colectat, el este încălzit la câteva milioane de grade, o temperatură suficient de mare ca hidrogenul să se topească, eliberând energia unei reacții termonucleare.

Motorul cu fuziune ramjet a fost propus de către fizicianul Robert W. Bussard în 1960 și popularizat ulterior de către Carl Sagan. Bussard a calculat că un motor de tip ramjet, cântărind circa 1 000 de tone ar putea, teoretic, să mențină o accelerație constantă de 1 g, cu alte cuvinte, comparabilă cu forța care ne ține lipiți de suprafața Pământului. Dacă motorul ramjet ar putea să susțină o accelerație de 1 g vreme de un an, ar ajunge la 77% din viteza luminii, destul ca să transforme călătoria interstelară într-o posibilitate serioasă.

Cerințele pentru un motor cu fuziune ramjet sunt ușor de calculat. Mai întâi, știm densitatea medie a hidrogenului în întreg universul. De asemenea, mai putem calcula cu aproximație cât de mult hidrogen trebuie ars

pentru a atinge accelerații de 1 g. Acel calcul, la rândul său, determină cât de mare trebuie să fie „polonicul" cu care se colectează hidrogenul. Cu câteva presupuneri rezonabile, se poate demonstra că ar fi nevoie de un polonic cu diametrul de 160 de kilometri. Deși construirea unui astfel de polonic ar fi prohibitivă pe Pământ, realizarea sa în spațiul cosmic ridică mai puține probleme mulțumită imponderabilității.

În principiu, motorul ramjet ar putea să se autopropulseze la infinit, ajungând în cele din urmă la sisteme stelare îndepărtate din galaxie. Dat fiind că în interiorul unei rachete, conform teoriei relativității a lui Einstein, timpul își încetinește scurgerea, ar fi posibil să se parcurgă distanțe astronomice fără să se recurgă la punerea echipajului în stare de animație suspendată. După accelerarea cu 1 g vreme de unsprezece ani, în conformitate cu ceasurile din interiorul navei, aceasta ar ajunge la roiul stelar al Pleiadelor, care se află la o distanță de 400 de ani-lumină. În douăzeci și trei de ani, ar ajunge la galaxia Andromeda, aflată la 2 milioane de ani-lumină față de Pământ. Teoretic, nava spațială ar putea ajunge la limita universului vizibil în intervalul vieții unui membru al echipajului (cu toate că pe Pământ vor fi trecut miliarde de ani).

Una dintre incertitudinile esențiale este reacția de fuziune. Reactorul de fuziune ITER, plănuit să fie construit în sudul Franței, combină două forme rare de hidrogen (deuteriul și tritiul) cu scopul de a extrage energie. În spațiul cosmic totuși forma de hidrogen cea mai abundentă constă dintr-un singur proton având un singur electron pe orbită. Motorul cu fuziune ramjet va trebui așadar să exploateze reacția de fuziune proton-proton. Cu toate că procesul de fuziune deuteriu-tritiu a fost studiat

timp de decenii de către fizicieni, fuziunea proton-proton este mai puțin înțeleasă, e mai dificil de realizat și eliberează mult mai puțină energie. Așa încât stăpânirea reacției mai dificile proton-proton va constitui o provocare tehnică în următoarele decenii. (Unii ingineri au pus, în plus, întrebarea dacă motorul ramjet ar putea să depășească efectul de frânare pe măsură ce se apropie de viteza luminii.)

Până când aspectele fizice și economice ale fuziunii proton-proton vor fi lămurite, este dificil să facem estimări exacte cu privire la fezabilitatea motoarelor ramjet. Dar acest tip de proiect se află pe lista scurtă a candidaților posibili pentru orice misiune s-ar avea în vedere către stele.

RACHETA NUCLEAR-ELECTRICĂ

În 1956, Comisia pentru Energie Atomică a Statelor Unite (AEC) a început să cerceteze cu atenție rachetele nucleare în cadrul Proiectului Rover. Teoretic, un reactor cu fisiune nucleară este folosit ca să încălzească gaze precum hidrogenul la temperaturi extreme, după care gazele vor fi ejectate pe la un capăt al rachetei, creând forța de propulsie.

Din cauza pericolului unei explozii în atmosfera terestră, în care să fie implicat combustibilul nuclear toxic, primele versiuni ale motoarelor nucleare de rachetă au fost plasate orizontal pe șine de cale ferată, unde comportamentul rachetei poate fi atent monitorizat. Primul motor nuclear de rachetă care a fost testat în cadrul Proiectului Rover s-a numit Kiwi 1, în 1959 (inspirat numită după pasărea australiană nezburătoare). În anii 1960, NASA s-a asociat cu AEC pentru a crea Motorul Nuclear pentru Aplicații destinate Vehiculului-Rachetă (NERVA), care a fost

prima rachetă nucleară testată vertical, și nu orizontal. În 1968, această rachetă nucleară a fost lansată, pentru testare, orientată în jos.

Rezultatele acestor cercetări au fost mixte. Rachetele erau foarte complicate și lansate eronat în mod frecvent. Vibrațiile intense ale motorului nuclear făceau adesea că crape mănunchiurile de combustibil, provocând dezintegrarea navei. Coroziunea datorată arderii hidrogenului la temperaturi înalte a fost, de asemenea, o problemă persistentă. Programul rachetei nucleare a fost în cele din urmă închis în 1972.

(Rachetele atomice mai au o problemă: pericolul unei reacții nucleare necontrolate, ca într-o mică bombă atomică. Cu toate că centralele electrice nucleare de astăzi funcționează cu combustibil nuclear diluat și nu pot exploda precum bomba de la Hiroshima, aceste rachete atomice, pentru a crea o forță de propulsie cât mai mare, funcționează cu uraniu puternic îmbogățit și, prin urmare, se poate produce o reacție în lanț, generând o minidetonare nucleară. Când programul rachetelor nucleare era pe cale să fie anulat, oamenii de știință au hotărât să efectueze un ultim test. Au decis să provoace explozia unei rachete, asemenea unei mici bombe atomice. Au scos tijele de control [care țin în frâu reacția nucleară]. Reactorul a depășit faza critică și a explodat într-o strașnică minge de flăcări. Această moarte spectaculoasă a programului rachetei nucleare a fost chiar înregistrat pe film. Rușii nu au fost încântați. Ei au considerat această ispravă o violare a Tratatului de Interzicere Limitată a Testelor, care interzicea detonarea la sol a bombelor nucleare.)

De-a lungul anilor, oficialitățile militare au revenit periodic asupra rachetei nucleare. Un proiect secret

s-a numit racheta nucleară Timberwind, care făcea parte din proiectul militar Star Wars al anilor 1980. (A fost abandonat după ce detalii privind existența sa au fost făcute publice de către Federația Oamenilor de Știință Americani.)

Principala îngrijorare legată de racheta cu fisiune nucleară este siguranța. Chiar și la cincizeci de ani de la începuturile erei spațiale, rachetele cu propulsie chimică suferă eșecuri catastrofale cam în 1 % din cazuri. (Cele două eșecuri ale navetelor spațiale *Challenger* și *Columbia*, soldate și cu moartea tragică a paisprezece astronauți, n-au făcut decât să confirme această rată a nereușitelor.)

Cu toate acestea, în ultimii ani, NASA și-a reluat cercetările asupra rachetei nucleare pentru prima oară de la programul NERVA din anii 1960. În 2003, NASA a botezat un nou proiect, Prometheus, după zeul grec care a dat omenirii focul. În 2005, Prometheus a primit o finanțare de 430 de milioane de dolari, pentru ca în 2006 fondurile alocate să fie reduse la doar 100 de milioane de dolari. Viitorul proiectului este incert.

RACHETELE CU PULSURI NUCLEARE

O altă posibilitate îndepărtată este folosirea unei serii de minibombe nucleare pentru propulsarea unei nave stelare. În cadrul Proiectului Orion, minibombe atomice urmau să fie ejectate pe la partea din spate a rachetei aflate în secvență, astfel încât astronava să „călătorească" pe undele de șoc create de aceste minibombe cu hidrogen. Pe hârtie, un astfel de concept putea să aducă astronava aproape de viteza luminii. Proiectată inițial în 1947 de către Stanislaw Ulam, care a ajutat la proiectarea primelor bombe cu hidrogen,

ideea a fost dezvoltată mai departe de către Ted Taylor (unul dintre proiectanții principali ai focoaselor nucleare pentru forțele militare americane) și de către fizicianul Freeman Dyson, de la Institutul pentru Studii Avansate din Princeton.

Spre sfârșitul anilor 1950 și în anii 1960, s-au făcut calcule complicate pentru această rachetă interstelară. S-a estimat că o astfel de astronavă ar putea ajunge până la Pluto și înapoi în mai puțin de un an, cu o viteză de croazieră maximă de 10% din viteza luminii. Dar chiar și la această viteză, ar fi nevoie de circa patruzeci și patru de ani ca să ajungem la cea mai apropiată stea. Savanții au speculat că o arcă spațială propulsată de o astfel de rachetă ar trebui să se deplaseze în spațiu vreme de secole, cu un echipaj multigenerațional, cu progenituri care se vor naște și-și vor petrece întreaga viață pe arca spațială, cu scopul ca descendenții lor să poată ajunge la stelele din apropiere.

În 1959, General Atomics a dat publicității un raport în care era estimată dimensiunea unei nave spațiale Orion. Cea mai mare versiune, denumită super-Orion, ar cântări 8 milioane de tone, ar avea un diametru de 400 de metri și ar fi propulsată de peste 1 000 de bombe cu hidrogen.

Dar o problemă majoră legată de proiect era posibilitatea contaminării prin intermediul căderii de particule radioactive din timpul lansării. Dyson a estimat că emisiile nucleare secundare ale fiecărei lansări ar putea provoca îmbolnăvirea de cancer la zece persoane. Pe lângă acest lucru, pulsul electromagnetic (EMP) pentru o asemenea lansare ar fi atât de mare, încât ar putea provoca scurtcircuite masive în sistemele electrice învecinate.

Semnarea, în 1963, a Tratatului de Interzicere a Testărilor Limitate a făcut să sune clopotul de înmormântare

al proiectului. În cele din urmă, principala forță animatoare a proiectului, proiectantul de bombe nucleare, Ted Taylor, s-a dat bătut. (La un moment dat, mi-a mărturisit că, până la urmă, s-a lăsat deziluzionat de proiect, când și-a dat seama că fizica din spatele minibombelor nucleare ar putea fi folosită și de teroriști pentru a crea bombe nucleare portabile. Cu toate că proiectul a fost anulat, fiind considerat prea periculos, denumirea sa a supraviețuit prin intermediul navei spațiale Orion, pe care NASA a ales-o ca să înlocuiască naveta spațială în 2010.)

Ideea de rachetă cu propulsie nucleară a fost pentru scurt timp resuscitată de către Societatea Interplanetară Britanică, între anii 1973 și 1978, prin proiectul Daedalus, un studiu preliminar care urma să determine dacă ar putea fi construită o navă stelară fără echipaj uman care să ajungă la Steaua lui Barnard, aflată la 5,9 ani-lumină de Pământ. (Steaua lui Barnard a fost aleasă, deoarece se presupunea că ar avea o planetă. De atunci, astronomii Jill Tarter și Margaret Turnbull au alcătuit o listă de 17 129 de stele apropiate, care ar putea avea planete capabile să găzduiască viața. Cel mai promițător candidat este Epsilon Indi A, aflată la 11,8 ani-lumină.)

Nava plănuită pentru Proiectul Daedalus era atât de mare, încât ar fi trebuit construită în spațiu. Ar fi cântărit 54 000 de tone, aproape toată greutatea ei constituind-o combustibilul de rachetă, și ar fi putut atinge 7,1% din viteza luminii cu o sarcină utilă de 450 de tone. Spre deosebire de Proiectul Orion, care utiliza minibombe cu fisiune nucleară, Proiectul Daedalus ar folosi minibombe cu hidrogen, cu un amestec de deuteriu/heliu-3 aprins de fascicule electronice. Din cauza problemelor tehnice formidabile cu care s-ar fi confruntat, precum și a îngrijorării pricinuite de sistemul de

propulsie nucleară, Proiectul Daedalus a fost și el trecut pe linie moartă, pe o perioadă nedefinită.

IMPULSUL SPECIFIC ȘI RANDAMENTUL MOTORULUI

Inginerii vorbesc uneori de „impulsul specific", care ne permite să clasificăm randamentul diferitelor tipuri de motoare. „Impulsul specific" este definit ca modificarea impulsului provocată de unitatea de masă a carburantului. Așadar, cu cât motorul are un randament mai mare, cu atât mai puțin combustibil este necesar pentru a trimite o rachetă în spațiu. Impulsul, la rândul său, este produsul forței care acționează o anumită perioadă de timp. Rachetele chimice, cu toate că au o forță de propulsie foarte mare, funcționează doar câteva minute, și, prin urmare, au un impuls specific foarte mic. Motoarele ionice, dat fiind că funcționează ani de-a rândul, pot avea un impuls specific mare, chiar dacă forța propulsoare este foarte scăzută.

Impulsul specific este măsurat în secunde. O rachetă chimică tipică ar putea avea un impuls specific de 400-500 de secunde. Impulsul specific al motorului navetei spațiale este de 453 de secunde. (Cel mai mare impuls specific obținut vreodată de o rachetă chimică a fost de 542 de secunde, folosind drept carburant un amestec de hidrogen, litiu și fluor.) Acceleratorul pentru motorul ionic *Smart 1* a avut un impuls specific de 1 640 de secunde. Iar racheta nucleară atingea impulsuri specifice de 850 de secunde.

Valoarea maximă posibilă pentru impulsul specific ar fi o rachetă care să poată atinge viteza luminii. Aceasta ar avea un impuls specific de aproximativ 30 de

milioane. În tabelul de mai jos sunt enumerate impulsurile specifice ale diferitelor tipuri de motoare de rachetă.

TIP DE MOTOR	IMPULS SPECIFIC
Rachetă cu combustibil solid	250
Rachetă cu combustibil lichid	450
Motor ionic	3 000
Motor cu plasmă VASIMR	1 000 — 30 000
Rachetă cu fisiune nucleară	800 — 1 000
Rachetă cu fuziune nucleară	2 500 — 200 000
Rachetă cu pulsuri nucleare	10 000 — 1 milion
Rachetă cu antimaterie	1 milion — 10 milioane

(În principiu, pânzele laser și motoarele ramjet, dat fiind că nu conțin niciun fel de carburant de rachetă, au un impuls specific infinit, cu toate că au și ele problemele lor.)

ASCENSOARE SPAȚIALE

O obiecție severă la multe dintre aceste proiecte ale motoarelor de rachetă este legată de faptul că, fiind atât de mari și de grele, n-ar putea fi niciodată construite pe Pământ. Iată de ce unii oameni de știință au propus construirea lor în spațiul cosmic, unde imponderabilitatea ar permite astronauților să ridice cu ușurință obiecte incredibil de grele. Dar astăzi, criticii subliniază costurile prohibitive ale operațiunilor de asamblare în spațiu. Stația Spațială Internațională, de exemplu, ar necesita mai bine de o sută de lansări de navete spațiale pentru o asamblare completă, iar costurile ar urca la 100 de miliarde de dolari. Este cel mai costisitor proiect științific din istorie. Construirea unei pânze

spațiale interstelare sau a unui colector ramjet în spațiul cosmic ar costa de câteva ori pe-atât.

Dar, după cum îi plăcea să spună scriitorului de science-fiction Robert Heinlein, dacă reușești să ajungi la 160 de kilometri deasupra Pământului, ai ajuns la jumătatea drumului către orice punct din sistemul solar. Și asta pentru că primii 160 de kilometri ai fiecărei lansări, când racheta se luptă să scape din chingile gravitației terestre, sunt de departe cei mai costisitori. După aceasta, o navă spațială se va deplasa aproape fără consum de energie până la Pluto și dincolo de aceasta.

O modalitate de reducere drastică a costurilor pe viitor ar fi conceperea unui ascensor spațial. Ideea de a ridica o frânghie la cer este veche, de exemplu, ca în povestea „Jack și vrejul de fasole", dar ar putea deveni realitate dacă frânghia ar putea fi trimisă departe, în spațiu. Atunci, forța centrifugă creată de rotația Pământului ar fi de ajuns pentru a anula forța gravitațională, așa încât frânghia n-ar cădea niciodată. Frânghia s-ar ridica în mod „magic" vertical în aer și ar dispărea în nori. (Gândiți-vă la o bilă care se rotește pe o sârmă. Bila pare să sfideze gravitația, deoarece forța centrifugă o îndepărtează de centrul de rotație. În același fel, o frânghie foarte lungă va fi suspendată în aer datorită rotației Pământului.) Pentru susținerea frânghiei nu ar fi nevoie decât de rotația Pământului în jurul propriei axe. Teoretic, o persoană ar putea să se urce pe frânghie și să ajungă în spațiu. Uneori, le cerem studenților care urmează cursurile de fizică la City University din New York să calculeze tensiunea într-o astfel de frânghie. Este ușor de demonstrat că tensiunea existentă în frânghie ar fi suficientă pentru a face să se rupă chiar și un cablu de oțel, acesta fiind și motivul pentru

care construirea unui ascensor spațial a fost multă vreme considerată a fi imposibilă.

Primul savant care a studiat în mod serios ascensorul spațial a fost vizionarul rus Konstantin Țiolkovski. În 1895, inspirat de Turnul Eiffel, el a imaginat un turn care ar urca în spațiu, conectând Pământul cu un „castel celest" din spațiu. Ar urma să fie construit de jos în sus, începând pe Pământ, iar inginerii ar extinde lent ascensorul spațial către cer.

În 1957, savantul rus Iuri Artsutanov a propus o nouă soluție, respectiv, ca ascensorul spațial să fie construit în ordine inversă, de sus în jos, începând din spațiul cosmic. El a imaginat un satelit aflat pe o orbită geostaționară la 58 000 de kilometri în spațiu, unde ar părea că este staționar, și de pe care s-ar coborî un cablu pe Pământ. Apoi cablul ar urma să fie ancorat la sol. Dar cablul pentru un ascensor spațial ar trebui să suporte o tensiune de 60-100 gigapascali (gpa). Oțelul se rupe la aproximativ 2 gpa, ceea ce face ca ideea să rămână în domeniul imposibilului.

Ideea de ascensor spațial a căpătat o mult mai largă audiență odată cu publicarea în 1979 a romanului lui Arthur C. Clarke, *Fântânile Paradisului,* și a romanului din 1982 al lui Robert Heinlein, *Vineri*. Dar, fără alte progrese tehnologice, ideea a rămas în stare de latență.

Ecuația s-a modificat semnificativ când chimiștii au pus la punct nanotuburile din carbon. Interesul a fost declanșat brusc de realizările lui Sumio Iijima, de la Nippon Electric, în 1991 (cu toate că dovezi privind nanotuburile din carbon datează încă din anii 1950, dată la care au fost ignorate). În mod remarcabil, nanotuburile sunt mult mai rezistente decât cablurile de oțel, dar și mult mai ușoare.

De fapt, ele depășesc rezistența necesară pentru susținerea unui ascensor spațial. Oamenii de știință cred că o fibră din nanotub de carbon ar putea suporta o presiune de 120 gpa, ceea ce se situează confortabil deasupra punctului de rupere. Această descoperire a resuscitat tentativele de creare a unui ascensor spațial.

În 1999, un studiu NASA a luat serios în obiectiv ascensorul spațial, imaginând o panglică, lată de circa un metru și lungă de aproximativ 47 000 de kilometri, capabilă să transporte circa 15 tone de sarcină utilă pe orbita terestră. Un astfel de ascensor spațial ar putea modifica peste noapte aspectele economice ale călătoriei spațiale. Costurile ar putea fi reduse de până la zece mii de ori, ceea ce ar constitui o modificare uluitoare, revoluționară.

În prezent, costă 10 000 de dolari sau mai mult să trimiți o livră de material pe orbită în jurul Pământului (aproximativ prețul unei cantități echivalente de aur). De exemplu, fiecare misiune a navetei spațiale costă până la 700 de milioane de dolari. Un ascensor spațial ar putea reduce costurile până la 1 dolar pentru fiecare livră. O asemenea reducere radicală a costurilor programului spațial ar putea revoluționa modul cum privim călătoria în spațiu. Cu o simplă apăsare pe butonul ascensorului, am putea, în principiu, să luăm ascensorul până în spațiul cosmic cu prețul unui bilet de avion.

Dar până să construim un ascensor spațial cu care să levităm la cer, trebuie depășite obstacole practice formidabile. În prezent, fibrele din nanotuburi din carbon pur realizate în laborator nu au mai mult de 15 milimetri lungime. Pentru a crea un ascensor spațial, vor trebui create cabluri din astfel de nanotuburi lungi de câteva mii de kilometri. Cu toate că din perspectivă științifică aceasta e

doar o problemă tehnică, ea rămâne o problemă îndărătnică și dificilă, care trebuie rezolvată dacă vrem să creăm un ascensor spațial. Totuși în câteva decenii, mulți oameni de știință cred că ar trebui să fim în stare să stăpânim tehnologia de creare a unor cabluri lungi de nanotuburi din carbon.

În al doilea rând, impuritățile microscopice din nanotuburi ar putea face ca realizarea unor cabluri lungi să fie problematică. Nicola Pugno, de la Politehnica din Torino, estimează că dacă un nanotub din carbon are fie și doar un singur atom prost aliniat, rezistența nanotubului s-ar reduce cu 30%. În general, defectele la scară atomică ar putea reduce rezistența unui cablu din nanotuburi cu până la 70%, aducându-l sub valoarea necesară pentru susținerea unui ascensor spațial.

Pentru a stimula interesul antreprenorial față de ascensorul spațial, NASA finanțează două premii. (Premiile au avut drept model premiul X Ansari, în valoare de 10 milioane de dolari, care i-a stimulat cu succes pe inventatorii întreprinzători să creeze rachete comerciale capabile să ducă pasagerii până la marginea spațiului. Premiul X a fost câștigat, în 2004, de către Spaceship One.) Premiile oferite de NASA sunt denumite Provocarea Forța Grinzii și Provocarea Cablului. În Provocarea Forța Grinzii, echipele trebuie să trimită un dispozitiv mecanic, cântărind cel puțin 25 de kilograme, în susul unui cablu (suspendat de o macara), cu viteza de un metru pe secundă, pe o distanță de 50 de metri. Poate părea ușor, dar ideea e că dispozitivul nu poate folosi combustibil, baterii sau fire electrice. În schimb, dispozitivul robotizat trebuie acționat de celule solare, reflectoare solare, lasere sau surse de energie în domeniul microundelor care sunt mai potrivite utilizării în spațiul cosmic.

În Provocarea Cablului, echipele trebuie să producă cabluri de 2 metri lungime, care să nu cântărească mai mult de 2 grame și să susțină o greutate cu 50% mai mare decât cel mai bun cablu din anul anterior. Provocarea este menită să stimuleze cercetările în domeniul materialelor ultraușoare, îndeajuns de rezistente ca să poată fi întinse pe 100 000 de kilometri în spațiu. Premiile sunt în valoare de 150 000, 40 000 și 10 000 de dolari. (Pentru a sublinia dificultatea acestei provocări, în 2005, primul an al competiției, nimeni nu a reușit să câștige vreun premiu.)

Cu toate că un ascensor spațial funcțional ar putea revoluționa programul spațial, astfel de mașini au și ele propriul set de riscuri. De exemplu, traiectoria sateliților apropiați de Terra se modifică permanent în timpul deplasării lor pe orbită (deoarece Pământul se rotește sub ei). Asta înseamnă că acești sateliți se vor ciocni în cele din urmă cu ascensorul spațial, cu o viteză de 29 000 de kilometri pe oră, suficientă pentru a rupe cablul. Pentru prevenirea unei asemenea catastrofe, pe viitor, ori sateliții vor trebui proiectați ca să includă mici rachete, astfel încât să poată ocoli ascensorul, ori cablul sau ascensorul să fie echipate cu rachete mici pentru a evita sateliții aflați în trecere.

Totodată, ciocnirile cu micrometeoriții constituie o problemă, deoarece ascensorul spațial se află mult deasupra atmosferei terestre, cea care, de regulă, ne protejează de meteori. Întrucât ciocnirile cu micrometeoriții sunt impredictibile, ascensorul spațial trebuie construit cu scuturi de protecție suplimentare și, probabil, chiar sisteme de protecție cu redundanță care să le facă impenetrabile. Probleme mai pot apărea și de pe urma fenomenelor meteorologice turbulente de pe Pământ, cum ar fi uraganele, valurile mareice și furtunile.

EFECTUL DE PRAȘTIE

Un alt mijloc nou de accelerare a unui obiect până la o viteză apropiată de cea a luminii este folosirea efectului de „praștie". Când trimite sonde spațiale spre planetele exterioare, uneori NASA le trimite tangențial la o planetă învecinată, în așa fel încât să se folosească efectul de praștie pentru a-și mări viteza de deplasare. În felul acesta, NASA economisește combustibil de rachetă prețios. Așa a reușit nava spațială *Voyager* să ajungă la Neptun, planetă aflată chiar aproape de marginea sistemului solar.

Fizicianul de la Princeton Freeman Dyson a emis ipoteza că în viitorul îndepărtat s-ar putea să descoperim două stele neutronice, care se rotesc cu mare viteză una în jurul celeilalte. Apropiindu-ne foarte mult de una dintre aceste stele neutronice, am putea să ricoșăm pe lângă ea și apoi să fim azvârliți în spațiu la viteze apropiindu-se de o treime din viteza luminii. De fapt, am folosi gravitația ca să obținem o accelerare suplimentară până aproape de viteza luminii. Pe hârtie, metoda ar putea să funcționeze.

Alții au propus să procedăm în acest mod cu propriul nostru soare, pentru a accelera la viteze apropiate de cea a luminii. De fapt, această metodă a fost folosită în *Star Trek IV: The Voyage Home,* când echipalul lui *Enterprise* a deturnat o navă klingoniană și apoi a accelerat către Soare cu scopul de a trece de bariera luminii și de a călători înapoi în timp. În filmul *When Worlds Collide (Când planetele se ciocnesc),* când Pământul este amenințat de o ciocnire cu un asteroid, oamenii de știință fug de pe Pământ creând un montaigne-russe gigantic. O rachetă coboară pe montaigne-russe, căpătând o viteză foarte mare, după

care își continuă traiectoria tangențială la partea de jos a instalației și se lansează în spațiu.

În realitate, totuși niciuna dintre aceste metode care folosesc gravitația pentru accelerarea vitezei nu va funcționa. (Datorită conservării energiei, la coborârea pe un montaigne-russe și la reurcarea acestuia, ajungem la aceeași viteză cu care am început, așa încât nu există niciun câștig de energie. Similar, trecând prin vecinătatea unui soare „staționar", ajungem în final la aceeași viteză cu care am început.) Motivul pentru care metoda lui Dyson de folosire a două stele neutronice s-ar putea să funcționeze este dat de rotația extrem de rapidă a respectivelor stele. O navă spațială care folosește efectul de praștie își câștigă energia de la mișcarea planetei sau a stelei. Dacă acestea ar fi staționare, nu mai există niciun efect de praștie.

Cu toate că propunerea lui Dyson ar putea să funcționeze, ea nu-i ajută pe oamenii de știință de pe Pământ, pentru că am avea nevoie de o astronavă doar ca să vizităm cele două stele neutronice rotitoare.

TUNURI ELECTROMAGNETICE SPRE CERURI

O altă metodă ingenioasă pentru proiectarea obiectelor zburătoare în spațiu la viteze fantastice este tunul electromagnetic, pe care Arthur C. Clarke și alții le-au prezentat în povestirile de science-fiction și, totodată, este studiat cu seriozitate ca parte a scutului antirachetă Star Wars.

În loc să utilizeze carburant de rachetă sau praf de pușcă pentru a accelera un proiectil la o viteză cât mai mare, un astfel de tun folosește forța electromagnetismului.

În forma sa cea mai simplă, un tun electromagnetic constă din două cabluri paralele și un proiectil care stă „călare" pe ambele fire, formând o configurație în formă de U. Chiar și Michael Faraday știa că un curent electric va întâmpina o forță atunci când este plasat într-un câmp magnetic. (De fapt, acest fenomen stă la baza tuturor motoarelor electrice.) Trimițând milioane de amperi de putere electrică de-a lungul firelor și prin proiectil, în jurul celor două „șine" este creat un câmp magnetic uriaș. Acest câmp magnetic propulsează apoi proiectilul de-a lungul șinelor la viteze enorme.

Tunurile electromagnetice au propulsat cu succes obiecte metalice la viteze enorme pe distanțe extrem de mici. Remarcabil este faptul că, teoretic, un tun electromagnetic simplu ar trebui să poată accelera un proiectil metalic cu viteza de 29 000 de kilometri pe oră, astfel încât să ajungă pe orbită în jurul Pământului. În principiu, întreaga flotă de rachete a NASA ar putea fi înlocuită cu tunuri electromagnetice care să expedieze pe orbită, de la sol, diverse încărcături.

Tunurile electromagnetice se bucură de un avantaj important față de rachetele chimice și armele clasice. La o pușcă, viteza maximă la care gazele în expansiune pot expedia un glonț este limitată de viteza undelor de șoc. Deși Jules Verne a folosit praf de pușcă pentru a-i expedia pe astronauți pe lună în opera sa clasică *De la Pământ la Lună*, se poate calcula că viteza maximă care poate fi atinsă folosind praful de pușcă este doar o fracțiune din viteza necesară pentru a trimite pe cineva pe lună. Tunurile electromagnetice, în schimb, nu sunt limitate de viteza undelor de șoc.

Dar și acest tip de tunuri au probleme. Accelerația obiectelor propulsate este atât de mare, încât

acestea, de regulă, se aplatizează la impactul cu aerul. Obiectele au fost serios deformate la ieșirea de pe țeava tunului pentru că, atunci când proiectilul lovește aerul e ca și cum s-ar izbi de un zid de cărămidă. În plus, accelerația imensă suportată de proiectil de-a lungul șinelor este de ajuns ca să-l deformeze. Șinele trebuie înlocuite în mod regulat din cauza stricăciunilor provocate de proiectil. Mai mult, forțele g suportate de un astronaut ar fi de ajuns ca să-l omoare, zdrobindu-i cu ușurință toate oasele.

O propunere ar fi instalarea unui tun electromagnetic pe lună. În afara atmosferei terestre, proiectilul expediat de tunul electromagnetic ar putea accelera cu ușurință în vidul din spațiul cosmic. Dar chiar și atunci, accelerațiile uriașe generate de tun ar putea deteriora încărcătura utilă. Într-un anume sens, tunurile electromagnetice sunt opusul pânzelor propulsate de lasere, care-și dobândesc viteza maximă lent, de-a lungul unor lungi perioade de timp. Tunurile electromagnetice sunt limitate, deoarece înmagazinează o cantitate foarte mare de energie într-un spațiu foarte mic.

Tunurile electromagnetice, care să poată trimite obiecte spre stelele din apropiere, ar fi și foarte scumpe. Într-una dintre variante, tunul ar fi construit în spațiu, cam la două treimi din distanța dintre Pământ și Soare. Ar înmagazina energie solară și apoi ar descărca brusc acea energie în tunul electromagnetic, trimițând o încărcătură de 10 tone la o treime din viteza luminii, cu o accelerație de 5 000 g. Deloc surprinzător, doar cele mai rezistente și solide încărcături robotizate vor putea supraviețui la o accelerație atât de mare.

PERICOLELE CĂLĂTORIEI SPAȚIALE

Desigur, călătoria în spațiul cosmic nu e un picnic de duminică. Zborurile cu echipaj uman către Marte sau dincolo de planeta roșie vor avea de înfruntat pericole enorme. De milioane de ani, viața pe Pământ este la adăpost, pătura de ozon a planetei protejând-o de razele ultraviolete, câmpul ei magnetic protejând-o împotriva exploziilor solare și a razelor cosmice, în vreme ce atmosfera densă o protejează de meteori. Luăm ca pe un dat temperaturile moderate și presiunile atmosferice întâlnite pe Terra. Dar în spațiul cosmic, trebuie să ne confruntăm cu realitatea că marea parte a universului este într-o stare de turbulență, cu centuri de radiații letale și roiuri de meteori mortali.

Prima problemă de rezolvat într-o călătorie spațială prelungită este imponderabilitatea. Studiile pe termen lung efectuate de ruși, cu privire la imponderabilitate au arătat că organismul uman pierde prețioase substanțe minerale și chimice în spațiu, mult mai repede decât ne-am fi așteptat. Chiar și cu un program riguros de exerciții fizice, după un an petrecut pe o stație spațială, oasele și mușchii cosmonauților ruși sunt atât de atrofiați, încât abia dacă sunt în stare să se târască pe jos ca niște bebeluși în primele ore de la întoarcerea pe Pământ. Atrofierea mușchilor, deteriorarea sistemului osos, scăderea producției de celule roșii, reacție imună scăzută și o funcționare redusă a sistemului cardiovascular par să fie consecințe inevitabile ale șederii prelungite în stare de imponderabilitate în spațiul cosmic.

Misiunile către Marte, care ar putea dura de la câteva luni la un an, vor forța limitele de rezistență ale astronauților noștri. Pentru misiunile pe termen lung către

stelele din apropiere, problema ar putea deveni fatală. S-ar putea ca astronavele viitorului să fie nevoite să se rotească în jurul axei, creând o gravitație artificială prin intermediul forțelor centrifuge, pentru a putea susține viața umană. Această ajustare ar crește foarte mult costurile și complexitatea astronavelor viitorului.

În al doilea rând, prezența micrometeoriților din spațiu, care se deplasează cu viteze de ordinul zecilor de mii de kilometri pe oră, ar putea să impună echiparea navelor spațiale cu scuturi suplimentare. Examinarea atentă a carcasei navetei spațiale a scos la iveală dovezi privind mai multe impacturi mărunte, dar potențial letale cu meteoriți de mici dimensiuni. În viitor, s-ar putea să fie nevoie ca navele spațiale să conțină o încăpere specială, cu blindaj dublu, pentru echipaj.

Nivelurile de radiație din spațiul cosmic sunt mult mai ridicate decât s-a crezut anterior. În timpul ciclului de unsprezece ani al petelor solare, de exemplu, exploziile solare pot trimite cantități uriașe de plasmă mortală către Pământ. În trecut, acest fenomen îi forța pe astronauții de pe stația spațială să caute protecții speciale împotriva rafalelor potențial letale de particule subatomice. Plimbările spațiale ar fi fatale în timpul unei astfel de erupții solare. (Chiar și un zbor transcontinental de la Los Angeles la New York, de exemplu, îi expune pe călători la circa un milirem de radiație în fiecare oră de zbor. În cursul unei astfel de deplasări, suntem expuși la aproape echivalentul unei radiografii dentare.) În spațiul cosmic, unde atmosfera și câmpul magnetic al Pământului nu ne mai protejează, expunerea la radiații poate fi o problemă serioasă.

ANIMAȚIE SUSPENDATĂ

Una dintre criticile consistente ale proiectelor de rachetă pe care le-am prezentat până acum este aceea că, fie și dacă am putea construi astfel de astronave, ar dura câteva decenii până la câteva secole ca să ajungem la stelele apropiate. O astfel de misiune ar implica un echipaj multigenerațional, ai cărui descendenți ar ajunge la destinația finală.

O soluție, propusă în filme precum *Alien* și *Planeta maimuțelor*, ar fi ca respectivii călători spațiali să fie aduși în stare de animație suspendată; cu alte cuvinte, temperatura lor corporală va fi atent coborâtă, până când funcțiile organice aproape se anulează. Animalele care hibernează fac asta în fiecare iarnă. Anumiți pești și broaște pot fi înghețați într-un bloc de gheață și totuși să se dezghețe la creșterea temperaturii.

Biologii care au studiat acest fenomen curios cred că animalele respective au capacitatea de a crea un fel de „antigel" natural care coboară punctul de îngheț al apei. Acest antigel natural constă din anumite proteine, la pește, și din glucoză, la broaște. Îmbogățindu-și sângele cu aceste proteine, peștii pot supraviețui în ținuturile arctice la temperaturi de circa -2 °C. Broaștele și-au dezvoltat capacitatea de a menține niveluri ridicate de glucoză, prin aceasta împiedicând formarea cristalelor de gheață. Cu toate că par înghețate pe dinafară, ele nu sunt înghețate în interior, permițând organelor interne să-și continue funcționarea, chiar dacă cu un ritm redus.

Totuși adaptarea la mamifere a acestei aptitudini e problematică. Când țesutul uman este înghețat, cristalele

de gheață încep să se formeze în interiorul celulelor. Pe măsură ce cristalele cresc, ele pot străpunge și distruge pereții celulelor. (Celebritățile care doresc să-și congeleze capetele sau trupurile în azot lichid după moarte ar face bine să se mai gândească.)

Cu toate acestea, recent, s-au înregistrat progrese în susținerea unei animații suspendate limitate la mamifere care nu hibernează în mod natural, cum ar fi șoarecii și câinii. În 2005, savanții de la Universitatea din Pittsburgh au reușit să readucă niște câini la viață, după ce le-au înlocuit sângele cu o soluție specială rezistentă la îngheț. Morți din punct de vedere clinic timp de trei ore, câinii au fost readuși la viață după ce inimile le-au fost repornite. (Cu toate că majoritatea câinilor au fost sănătoși după această procedură, câțiva au suferit leziuni cerebrale.)

În același ani, oamenii de știință au reușit să introducă niște șoareci într-o încăpere ce conținea sulfură de hidrogen, reducându-le temperatura corporală la 13°C, vreme de șase ore. Metabolismul șoarecilor și-a scăzut ritmul de zece ori. În 2006, doctorii de la Massachusetts General Hospital, din Boston, au adus porci și șoareci în stare de animație suspendată, folosind sulfură de hidrogen.

În viitor, astfel de proceduri s-ar putea să salveze viețile oamenilor implicați în accidente grave sau care au suferit atacuri de cord, căci pentru ei fiecare secundă contează. Animația suspendată s-ar putea să le îngăduie medicilor să „înghețe timpul“ până când pacienții pot fi tratați. Dar este posibil să treacă decenii, înainte ca astfel de tehnici să poată fi aplicate la astronauții umani, care s-ar putea să fie nevoiți să rămână în animație suspendată vreme de secole.

NANONAVE

Există câteva alte modalități prin care am putea reuși să ajungem la stele cu ajutorul unor tehnologii mai avansate, încă netestate, aflate la granița cu science-fictionul. Una dintre propunerile promițătoare se bazează pe nanotehnologie. În tot cursul acestei discuții, am presupus că astronavele trebuie să fie niște dispozitive monstruoase, care consumă cantități uriașe de energie, capabile să ducă la stele un echipaj numeros de ființe umane, similar cu astronava *Enterprise* din *Star Trek*.

Dar o cale mai probabilă ar putea să trimită inițial sonde miniaturale fără echipaj uman spre stelele îndepărtate, cu viteze apropiate de viteza luminii. Așa cum am menționat mai devreme, în viitor, cu ajutorul nanotehnologiei, ar trebui să fie posibilă crearea unei nave spațiale minuscule, care să exploateze puterea mașinilor de dimensiuni atomice și moleculare. De exemplu, ionii, pentru că sunt așa de ușori, pot fi accelerați cu ușurință la viteze luminice, cu tensiunile electrice obișnuite din laboratoare. În loc să fie nevoie de rachete uriașe de propulsie, ele ar putea fi trimite în spațiu la viteze luminice, prin folosirea unor câmpuri electromagnetice puternice. Aceasta înseamnă că dacă un nanobot ar fi ionizat și plasat într-un câmp electric, ar putea fi accelerat fără eforturi până aproape de viteza luminii. Nanobotul ar putea pe urmă să-și continue drumul liber până la stele, dat fiind că în spațiu nu există frecare. În felul acesta, multe dintre problemele generate de navele spațiale de mari dimensiuni sunt imediat rezolvate. Astronavele nanobotice inteligente fără echipaj uman ar putea fi în stare să ajungă la sisteme stelare apropiate cu doar o mică parte din costurile necesare

pentru construirea și lansarea unei nave spațiale cu echipaj uman.

Astfel de nanonave ar putea fi folosite pentru a se ajunge la stelele apropiate sau, după cum a sugerat Gerald Nordley, un inginer de astronautică pensionat care a lucrat la Air Force, să împingă o pânză solară cu scopul de a o propulsa prin spațiu. Nordley afirmă: „La o constelație de astronave cât un vârf de ac zburând în formație și comunicând între ele, practic ai putea să le propulsezi cu o lanternă".[65]

Dar există dificultăți și în cazul nanonavelor. Ele ar putea fi deviate la trecerea pe lângă câmpurile electrice și magnetice din spațiul cosmic. Pentru contracararea acestor forțe, va fi nevoie să accelerăm nanonavele la tensiuni electrice foarte ridicate pe Pământ, astfel încât să nu poată fi deviate ușor. În al doilea rând, s-ar putea să fie nevoie să trimitem un roi de câteva milioane de astfel de astronave nanobotice pentru a avea garanția că măcar câteva vor ajunge la destinație. Trimiterea unui roi de astronave pentru explorarea celor mai apropiate stele ar putea părea extravagantă, dar aceste nave ar fi ieftine și ar putea fi produse în masă, în cantități de ordinul miliardelor, astfel încât doar o fracțiune minusculă dintre ele vor trebui să-și atingă ținta.

Cum ar putea să arate aceste nanonave? Dan Goldin, fost șef al NASA, a imaginat o flotă de nave spațiale de dimensiunea unei cutii de Coca-Cola. Alții au vorbit despre astronave de dimensiunea acului. Pentagonul a analizat posibilitatea dezvoltării unei „pulberi inteligente", particule cât firul de praf, dotate în interior cu senzori minusculi, care pot fi pulverizați deasupra unui câmp de luptă pentru a le oferi comandanților informații în timp real. În viitor este posibil ca o „pulbere inteligentă" să fie trimisă spre stelele apropiate.

---

65 Gilster, p. 242.

Nanoboții de mărimea firelor de praf ar avea circuitistica realizată prin aceeași tehnică de gravare folosită în industria materialelor semiconductoare, care poate crea componente de până la 30 nm sau aproximativ 150 de atomi. Acești nanoboți pot fi lansați de pe lună cu ajutorul unor tunuri electromagnetice sau chiar de către acceleratoare de particule, care accelerează în mod curent particulele până la viteze apropiate de viteza luminii. Aceste dispozitive ar fi atât de ieftine, încât ar putea fi lansate în spațiu cu milioanele.

Din momentul în care ar ajunge la un sistem stelar apropiat, nanoboții ar putea ateriza pe un satelit natural pustiu. Mulțumită gravitației scăzute a satelitului, un nanobot ar putea să aterizeze și să decoleze cu ușurință. Iar în niște condiții de mediu stabile, așa cum i-ar fi furnizate de către satelitul natural, acesta ar constitui o bază de operațiuni ideală. Nanobotul ar putea construi o nanofabrică, folosindu-se de mineralele găsite pe satelit, pentru a crea o stație radio puternică, având drept scop trimiterea informațiilor spre Pământ. Sau nanofabrica ar putea fi proiectată să creeze milioane de copii ale nanobotului pentru a explora sistemul solar și a se aventura spre stele apropiate, repetând procesul. Dat fiind că navele acestea ar fi robotizate, n-ar fi nevoie de o călătorie de întoarcere acasă din momentul când și-ar transmite prin semnale radio informațiile dobândite.

Nanobotul pe care tocmai l-am descris este uneori denumit sondă von Neumann, după celebru matematician John von Neumann, care a pus la punct aparatul matematic al mașinilor Turing autoreplicante. În principiu, o astfel de navă spațială nanobotică autoreplicantă ar putea fi capabilă să exploreze întreaga galaxie, nu doar

stelele apropiate. În cele din urmă, ar putea exista o sferă de trilioane de asemenea roboți, multiplicându-se exponențial odată cu creșterea ei în dimensiune, expandându-se cu viteze apropiate de viteza luminii. Nanoboții din interiorul acestei sfere în expansiune ar putea coloniza întreaga galaxie în decurs de câteva sute de mii de ani.

Un inginer electrotehnician care ia foarte în serios ideea nanonavelor este Brian Gilchrist, de la Universitatea din Michigan. El a primit recent un grant de 500 000 de dolari de la Institutul pentru Idei Avansate al NASA, pentru a explora ideea de construire a nanonavelor cu motoare nu mai mari decât o bacterie. El a prevăzut folosirea aceleiași tehnologii de gravare utilizată în industria semiconductorilor pentru a crea o flotă de câteva milioane de nanonave, care se vor propulsa singure prin ejectarea unor nanoparticule având diametrul de doar câteva zecimi de nanometru. Aceste nanoparticule vor căpăta energie prin trecerea printr-un câmp electric, la fel ca la un motor ionic. Întrucât fiecare nanoparticulă cântărește de câteva mii de ori mai mult decât un ion, aceste motoare vor înmagazina mai multă forță propulsoare decât un motor ionic obișnuit. Astfel, motoarele nanonavei vor avea aceleași avantaje ca un motor ionic, exceptând faptul că vor avea mai multă energie propulsoare. Gilchrist a început deja să graveze unele părți componente pentru aceste nanonave. Până în prezent, el a reușit să concentreze 10 000 de propulsoare individuale pe un singur cip de siliciu, care măsoară 1 centimetru. Inițial, el are în vedere trimiterea flotei de nanonave prin întreg sistemul solar, pentru a le pune la încercare randamentul. Dar până la urmă, aceste nanonave ar putea face parte din prima flotă care să ajungă la stele.

Propunerea lui Gilchrist este una dintre propunerile futuriste luate în considerare de către NASA.

După câteva decenii de inactivitate, de curând, NASA a analizat cu seriozitate câteva propuneri pentru călătoriile interstelare — propuneri care acoperă prăpastia dintre credibil și fantastic. De la începutul anilor 1990, NASA găzduiește Seminarul de Cercetare în domeniul Propulsiei Spațiale Avansate, în timpul căruia aceste tehnologii au fost selectate de echipe de ingineri și fizicieni respectabili. Chiar mai ambițios este programul de Inovații în Fizica Propulsiei, care a explorat lumea misterioasă a fizicii cuantice în legătură cu călătoriile interstelare. Cu toate că nu s-a format un consens, o bună parte a activității din cadrul programului s-a concentrat pe „lideri": pânza cu laser și diferite versiuni ale rachetelor cu fuziune.

Ținând cont de progresele lente, dar necontenite în proiectarea navelor spațiale, este rezonabil să presupunem că prima sondă fără echipaj uman de un anume tip ar putea fi trimisă către stelele apropiate mai spre sfârșitul acestui secol sau la începutul secolului următor, ceea ce-l aduce în categoria imposibilităților de clasa I.

Dar probabil că proiectul cel mai solid pentru o astronavă implică folosirea antimateriei. Cu toate că pare de domeniul science-fictionului, antimateria a fost creată deja pe Pământ și s-ar putea ca, într-o zi, să constituie cel mai promițător proiect de până acum pentru o astronavă cu echipaj uman funcțională.

IMPOSIBILITĂȚI DE CLASA I

10. ANTIMATERIA ȘI ANTIUNIVERSURILE

Cea mai incitantă expresie pe care o poți auzi în știință, cea care anunță noi descoperiri, nu este „Evrica" (Am găsit!), ci „Ce ciudățenie..."

ISAAC ASIMOV

Când cineva nu are aceleași convingeri ca și noi, spunem că e un excentric și cu asta am rezolvat-o. Adică, asta e valabil în zilele noastre, pentru că acum nu-l mai putem arde pe rug.

MARK TWAIN

Poți să recunoști un pionier după săgețile pe care le are în spate.

BEVERLY RUBIK

În romanul lui Dan Brown *Îngeri și demoni*, bestsellerul care a precedat *Codul lui da Vinci*, o mică bandă de extremiști, Illuminati, a pus la cale un complot de aruncare în aer a Vaticanului, folosind o bombă cu antimaterie, furată de la CERN, laboratorul de cercetări nucleare din apropiere de Geneva. Conspiratorii știu că atunci când materia și antimateria intră în contact nemijlocit rezultă o explozie monumentală, de câteva ori mai puternică decât o bombă cu hidrogen. Deși bomba cu antimaterie este ficțiune pură, antimateria e cât se poate de reală.

O bombă atomică, în ciuda puterii ei colosale, are un randament de doar 1%. Doar o fracțiune infimă de uraniu este transformat în energie. Dar dacă o bombă cu

antimaterie ar putea fi construită, și-ar converti masa în materie în proporție de 100%, făcând-o mult mai eficientă decât o bombă nucleară. (Mai exact, circa 50% din materia conținută într-o bombă cu antimaterie ar fi transformată în energie explozivă utilă; restul s-ar împrăștia sub forma unor particule nedectabile numite neutrino.

Antimateria constituie de multă vreme subiectul unor speculații intense. Cu toate că bomba cu antimaterie nu există, fizicienii au fost în măsură să-și folosească puternicele zdrobitoare de atomi pentru a crea cantități minuscule de antimaterie pentru studiu.

PRODUCEREA DE ANTIATOMI ȘI ANTICHIMIA

La începutul secolului XX, fizicienii și-au dat seama că atomii sunt alcătuiți din particule subatomice încărcate electric cu electroni (având sarcină negativă), rotindu-se în jurul unor nuclee minuscule (având sarcină electrică pozitivă). La rândul său, nucleul constă din protoni (care au o sarcină pozitivă) și neutroni (neutri din punct de vedere electric).

Așa încât s-a produs un adevărat șoc în anii 1950 când fizicienii au realizat că pentru fiecare particulă există una geamănă, o antiparticulă, dar cu sarcină opusă. Prima antiparticulă descoperită a fost antielectronul (denumit pozitron), care are sarcină pozitivă. Pozitronul este identic în toate privințele cu electronul, exceptând faptul că are sarcină electrică opusă. El a fost descoperit în fotografiile radiațiilor cosmice obținute cu o cameră cu ceață. (Urmele pozitronului sunt destul de ușor de observat într-o cameră cu ceață. Când camera e plasată într-un câmp magnetic puternic,

traiectoriile pozitronilor sunt deviate în direcție opusă față de cele ale electronilor. De fapt, eu am obținut astfel de imagini ale antimateriei încă din liceu.)

În 1955, acceleratorul de particule de la Universitatea California din Berkeley, Bevatronul, a produs primul antiproton. După cum e de așteptat, acesta este identic cu protonul exceptând faptul că are sarcină negativă. Aceasta înseamnă că, în principiu, se pot crea antiatomi (cu pozitroni rotindu-se în jurul antiprotonilor). De fapt, antielementele, antichimia, antioamenii, antiplanetele și chiar antiuniversurile sunt teoretic posibile.

În prezent, acceleratoarele de particule gigantice de la CERN și de la Fermilab, din apropiere de Chicago, au reușit să creeze cantități minuscule de antihidrogen. (Aceasta se face prin expedierea unui fascicul de protoni de mare energie într-o țintă, prin folosirea acceleratoarelor de particule, creându-se astfel o ploaie de „grohotiș“ atomic. Magneți puternici separă antiprotonii, care sunt încetiniți până la viteze foarte reduse, iar apoi sunt expuși la antielectroni, care sunt emiși natural de către izotopul sodiu-22. Când antielectronii se rotesc în jurul antiprotonilor, aceștia creează antihidrogen, dat fiind că hidrogenul este alcătuit dintr-un proton și un electron.) În condiții de vid absolut, acești antiatomi ar putea exista la nesfârșit. Dar din cauza impurităților și ciocnirilor cu pereții, acești antiatomi ajung în cele din urmă să se ciocnească de atomii obișnuiți și sunt anihilați, eliberând energie.

În 1995, CERN a făcut istorie când a anunțat că a creat nouă atomi de antihidrogen. Fermilab nu s-a lăsat mai prejos și a anunțat la puțin timp după aceea că a produs o sută de atomi de antihidrogen. În principiu, nimic nu ne poate împiedica să creăm și antielemente de ordin

superior, exceptând costurile ameţitoare. Producerea, fie şi doar a câtorva zeci de grame de antiatomi, ar falimenta orice naţiune. Rata actuală de producere a antimateriei este cuprinsă între o miliardime până la zece miliardimi de gram pe an. Până în anul 2020, producţia ar putea să crească de trei ori. Randamentul economic al antimateriei este foarte slab. În 2004, CERN a cheltuit 20 de milioane de dolari pentru a produce câteva trilionimi de gram de antimaterie. La asemenea costuri, producerea unui singur gram de antimaterie ar costa 100 de cuadrilioane de dolari, iar fabrica de antimaterie ar trebui să funcţioneze non-stop vreme de 100 de miliarde de ani! Aceasta face ca antimateria să fie cea mai preţioasă substanţă din lume.

„Dacă am putea asambla toată antimateria pe care am făcut-o vreodată la CERN şi am anihila-o cu materie", se poate citi într-o declaraţie a celor de la CERN, „abia dacă am obţine suficientă energie cât să ţinem aprins un bec electric timp de câteva minute".

Manipularea antimateriei ridică probleme extraordinare, întrucât orice contact între materie şi antimaterie este exploziv. Punerea antimateriei într-un container obişnuit ar fi curată sinucidere. Când antimateria ar atinge pereţii acestuia, ar exploda. Aşadar, cum se poate manipula antimateria, dacă e atât de volatilă? O cale ar fi să se ionizeze mai întâi antimateria într-un gaz de ioni, apoi s-o introducem într-o „sticlă magnetică". Câmpul magnetic ar împiedica antimateria să atingă pereţii camerei.

Pentru construirea unui motor cu antimaterie, un curent constant de antimaterie ar trebui expediat într-o cameră de reacţie, unde ar fi combinată în condiţii atent dirijate cu materie obişnuită, creându-se o explozie controlată, similară exploziei rachetelor chimice. Ionii

creați de această explozie ar fi apoi expulzați pe la un capăt al rachetei cu antimaterie, creând propulsia. Datorită randamentului cu care convertește materia în energie, teoretic, motorul cu antimaterie este unul dintre cele mai atrăgătoare tipuri de motoare pentru astronavele viitorului. În serialul *Star Trek*, antimateria constituie sursa de energie pentru *Enterprise*; motoarele acesteia sunt energizate prin coliziunea controlată a materiei cu antimateria.

RACHETA CU ANTIMATERIE

Unul dintre principalii susținători ai rachetei cu antimaterie este fizicianul Gerald Smith, de la Universitatea de Stat din Pennsylvania. El crede că, pe termen scurt, o cantitate infimă de 4 miligrame de pozitroni ar fi suficientă pentru a purta o rachetă cu antimaterie până pe Marte, în doar câteva săptămâni. El observă că energia înmagazinată în antimaterie este de circa un miliard de ori mai mare decât energie stocată în carburantul de rachetă obișnuit.

Primul pas în crearea acestui carburant ar fi să se realizeze fascicule de antiprotoni, cu ajutorul unui accelerator de particule, urmată de stocarea acestora într-o „capcană Penning", pe care o construiește Smith. Când va fi terminată, capcana Penning va cântări 100 de kilograme (mare parte din ea fiind constituită din azot lichid și heliu lichid) și va înmagazina cam un trilion de antiprotoni într-un câmp magnetic. (La temperaturi foarte scăzute, lungimea de undă a antiprotonilor este de câteva ori mai mare decât cea a atomilor din pereții containerului, așa încât antiprotonii, în cea mai mare parte, vor fi reflectați de pereți fără să se anihileze.) El declară că această capcană ar trebui să poată stoca antiprotonii vreme de circa cinci zile (până

când, în cele din urmă, sunt anihilați prin amestecarea cu atomi obișnuiți). Capcana Penning ar trebui să poată stoca aproximativ o miliardime de gram de antiprotoni. Țelul lui este să creeze o capcană Penning care să poată stoca până la un microgram de antiprotoni.

Deși antimateria este cea mai valoroasă substanță de pe Pământ, prețul ei scade dramatic cu fiecare an (un gram ar costa circa 62,5 trilioane de dolari la prețurile de astăzi). Un nou injector de particule, care se construiește la Fermilab, lângă Chicago, ar trebui să contribuie la creșterea de zece ori a producției de antimaterie, de la 1,5 la 15 nanograme anual, ceea ce ar duce la scăderea prețurilor. Totuși Harold Gerrish de la NASA crede că, prin ameliorări suplimentare, costul ar putea scădea în mod realist la 5 000 de dolari per microgram. Dr. Steven Howe, de la Synergistics Technologies din Los Alamos, New Mexico, declară: „Țelul nostru este să aducem antimateria din tărâmul neconvențional al science-fictionului într-un domeniu terestru, exploatabil comercial, destinat transportului și aplicațiilor medicale".[66]

Până acum, acceleratoarele de particule care pot produce antiprotoni nu au fost construite anume în acest scop, așa încât randamentul lor este foarte scăzut. Aceste acceleratoare sunt destinate în primul rând să fie instrumente pentru cercetare, nu fabrici de antimaterie. Iată de ce Smith anticipează construirea unui nou accelerator de particule, care să fie destinat anume producerii unor mari cantități de antiprotoni care să scadă prețurile.

Dacă prețurile antimateriei pot fi coborâte și mai mult prin îmbunătățiri tehnice și producție de masă, Smith imaginează un timp când rachetele cu antimaterie ar putea deveni calul de povară al călătoriilor interplanetare și, de ce

66 NASA, http://science.nasa.gov, 12 aprilie 1999.

nu, interstelare. Până atunci totuși rachetele cu antimaterie vor rămâne pe planșetele de proiectare.

ANTIMATERIA PRODUSĂ NATURAL

Dacă antimateria este atât de dificil de creat pe Pământ, s-ar putea găsi antimaterie mai ușor în spațiul cosmic? Din nefericire, căutarea antimateriei în univers a dat puține roade, ceea ce este foarte surprinzător pentru fizicieni. Faptul că universul nostru este alcătuit mai ales din materie, și nu din antimaterie, este dificil de explicat. S-ar putea presupune, cu naivitate, că la începutul universului au existat cantități egale, simetrice, de materie și antimaterie. Așa încât, absența antimateriei este de natură să nedumerească.

Cea mai probabilă soluție a fost propusă inițial de Andrei Saharov, omul care a proiectat bomba cu hidrogen pentru Uniunea Sovietică, în anii 1950. Saharov a emis teoria conform căreia la începutul universului a existat o ușoară asimetrie între cantitățile de materie și antimaterie în momentul Big Bangului. Această infimă încălcare a simetriei se numește „violare CP“. Acest fenomen constituie în prezent obiectul unor cercetări viguroase. Practic, Saharov a teoretizat că toți atomii existenți astăzi în univers sunt rămășițele unei anihilări aproape perfecte între materie și antimaterie; Big Bangul a provocat o anihilare cosmică a celor două. Rămășițele neînsemnate de materie au creat un reziduu care formează universul vizibil de astăzi. Toți atomii din corpurile noastre sunt resturi ale acelei coliziuni titanice dintre materie și antimaterie.

Această teorie lasă deschisă posibilitatea ca mici cantități de antimaterie să poată apărea în mod natural. Dacă

e așa, descoperirea acelei surse ar reduce drastic costurile de producere a antimateriei, care să fie folosită la motoarele cu antimaterie. În principiu, depozitele de antimaterie produsă natural ar trebui să fie ușor de detectat. Când un electron și un antielectron se întâlnesc, se anihilează producând radiații gamma cu o energie de 1,02 milioane de electronvolți sau mai mult. Astfel, scanând universul în căutarea de radiații gama având această energie s-ar putea găsi „amprenta" antimateriei apărute natural.

De fapt, „fântâni" de antimaterie au fost descoperite în galaxia Calea Lactee, nu departe de centrul galaxiei, de către dr. William Purcell, de la Northwestern University. Se pare că există un curent de antimaterie care creează această radiație gama caracteristică la 1,02 milioane de electronvolți la ciocnirea cu hidrogen obișnuit. Dacă acest izvor de antimaterie există natural, atunci ar putea fi posibil să existe în univers și alte „pungi" de antimaterie care să nu fi fost distruse în timpul Big Bangului.

Pentru căutarea mai sistematică a antimateriei apărute în mod natural, în 2006 a fost lansat satelitul PAMELA (*Payload for Antimatter-Matter Exploration and Light-Nuclei Astrophysics* — Satelit pentru explorare antimaterie-materie și astrofizica nucleelor ușoare). Este o colaborare între Rusia, Italia, Germania și Suedia, având drept scop căutarea rezervelor de antimaterie. Misiunile anterioare de căutare a antimateriei au fost efectuate utilizând baloane de mare altitudine și naveta spațială, așa încât datele au fost colectate timp de circa o săptămână. Prin contrast, PAMELA va rămâne pe orbită cel puțin trei ani. „Este cel mai bun detector construit vreodată și îl vom folosi o lungă perioadă de timp", declară un membru al echipei, Piergiorgio Picozza, de la Universitatea din Roma.

PAMELA este proiectat să detecteze radiațiile cosmice din surse obișnuite, cum ar fi supernovele, dar și din cele neobișnuite, cum ar fi stelele alcătuite în întregime din antimaterie. În mod specific, PAMELA va căuta amprentele specifice de antiheliu, care ar putea fi produs în interiorul antistelelor. Deși majoritatea fizicienilor de astăzi cred că Big Bangul a avut drept rezultat o anihilare aproape perfectă între materie și antimaterie, după cum credea Saharov, PAMELA a fost construit pe o supoziție diferită — și anume că regiuni întregi din universul antimaterial nu au suferit acea anihilare și că, prin urmare, ele există astăzi sub forma antistelelor.

Dacă antimateria există în cantități minuscule în spațiul cosmic, atunci ar fi posibil să „recoltăm" o parte din acea antimaterie pentru a o folosi la propulsarea unei astronave. Institutul NASA pentru Concepte Avansate ia îndeajuns de în serios ideea recoltării antimateriei în spațiu, astfel încât, de curând, a inițiat un program pilot pentru studierea acestui concept. „În esență, ce am avea de făcut ar fi să generăm o plasă, cam ca un năvod de pescuit", spune Gerald Jackson, de la Hbar Technologies, una dintre organizațiile de frunte ale proiectului.

Instalația de recoltat antimaterie se bazează pe trei sfere concentrice, fiecare fiind construită dintr-o rețea de sârmă. Sfera exterioară va avea un diametru de 16 kilometri și va fi încărcată pozitiv, astfel încât să respingă protoni, care au și ei sarcină pozitivă, dar va atrage antiprotonii, care au sarcină electrică negativă. Antiprotonii vor fi colectați de sfera exterioară, apoi vor fi încetiniți la trecerea prin sfera intermediară și, în final, se vor opri când vor ajunge la sfera interioară, care va avea un diametru de 100 de metri. Antiprotonii vor fi apoi capturați într-o

sticlă magnetică și combinați cu antielectroni ca să formeze antihidrogen.

Jackson estimează că reacțiile materie-antimaterie controlate din interiorul unei nave spațiale ar putea alimenta o pânză solară până la Pluto, folosindu-se pentru asta doar 30 de miligrame de antimaterie. Șaptesprezece grame de antimaterie, spune Jackson, ar fi de ajuns pentru a alimenta cu combustibil o astronavă până la Alpha Centauri. Jackson susține că între orbitele planetelor Venus și Marte ar putea exista 80 de grame de antimaterie care ar putea fi recoltate de către sonda spațială. Date fiind complexitatea și costurile de lansare a acestui colector uriaș de antimaterie, probabil că nu va fi realizat până la sfârșitul acestui secol sau chiar mai târziu.

Unii oameni de știință au visat să recolteze antimaterie de pe un meteor care plutește în spațiul cosmic. (Serialul de benzi desenate *Flash Gordon* a prezentat cândva un meteor din antimaterie care plutea prin spațiu, putând provoca o explozie îngrozitoare dacă ar fi intrat în contact cu orice planetă.)

Dacă antimateria apărută natural nu se găsește în spațiu, va trebui să așteptăm decenii sau chiar secole înainte să putem produce cantități mari semnificative de antimaterie pe Pământ. Dar presupunând că problemele tehnice legate de producerea antimateriei vor putea fi rezolvate, aceasta lasă deschisă posibilitatea ca într-o zi rachetele cu antimaterie să ne poarte către stele.

Ținând cont de ceea ce știm astăzi despre antimaterie, precum și de evoluția previzibilă a acestei tehnologii, aș clasifica racheta cu antimaterie ca o imposibilitate de clasa I.

DESCOPERITORUL ANTIMATERIEI

Ce este antimateria? Pare straniu ca natura să-și fi dublat numărul de particule subatomice din univers fără un motiv întemeiat. De regulă, natura este foarte zgârcită, dar acum, după ce am aflat despre antimaterie, natura ni se pare cât se poate de redundantă și de risipitoare. Iar dacă antimateria există, pot exista și antiuniversuri?

Pentru a răspunde la aceste întrebări, trebuie să cercetăm originile antimateriei înseși. Antimateria a fost descoperită în 1928, datorită muncii de pionierat a lui Paul Dirac, unul dintre cei mai străluciți fizicieni ai secolului XX. El a deținut Lucasian Chair, la Universitatea Cambridge, aceeași funcție deținută de către Newton, care, în prezent, îl are drept titular pe Stephen Hawking. Născut în 1902, Dirac era un bărbat înalt, uscățiv, care abia trecuse de pragul celor douăzeci de ani când revoluția cuantică a izbucnit în 1925. Deși la acea dată studia ingineria electrică, a fost fără întârziere cuprins de valul de interes declanșat de teoria cuantică.

Teoria cuantică s-a bazat pe ideea că particule precum electronii pot fi descrise nu ca niște particule punctiforme, ci ca niște unde de un anumit tip, descrise de celebra ecuație de undă a lui Schrödinger. (Unda reprezentând probabilitatea de a găsi particula în acel punct.)

Dar Dirac și-a dat seama că ecuația lui Schrödinger avea un defect. Ea descria doar electronii care se deplasează cu viteze mici. La viteze mai mari, ecuația dădea rezultate eronate, pentru că nu se supunea legilor mișcării obiectelor la viteze mari, cu alte cuvinte, legilor relativității descoperite de Albert Einstein.

Pentru tânărul Dirac, provocarea a constituit-o reformularea ecuației lui Schrödinger pentru a se conforma teoriei relativității. În 1928, Dirac a propus o modificare radicală a ecuației lui Schrödinger, care se încadra perfect în teoria relativității einsteiniene. Lumea fizicii a rămas împietrită. Dirac a descoperit celebra sa ecuație relativistă pentru electron doar prin manipularea unor obiecte matematice superioare, denumite spinori. O curiozitate matematică devenea dintr-odată elementul central al întregului univers. (Spre deosebire de mulți fizicieni dinaintea lui, care insistau ca marile descoperiri din fizică să fie ferm fundamentate cu date experimentale, Dirac a adoptat o strategie opusă. Pentru el, matematica pură, dacă era îndeajuns de frumoasă, constituia călăuza sigură către marile descoperiri. El scria: „Este mai important să găsim frumusețe în ecuațiile cuiva decât să le facem să se potrivească cu experimentele... Se pare că, dacă cineva lucrează din perspectiva obținerii frumuseții în ecuații și dacă are o intuiție sănătoasă, acela se află sigur pe calea progresului".)[67]

În dezvoltarea noii ecuații pentru electron, Dirac și-a dat seama că faimoasa ecuație a lui Einstein, $E = mc^2$, nu era întru totul corectă. Chiar dacă este prezentă pe reclamele de pe Madison Avenue, pe tricourile copiilor, în caricaturi sau chiar pe costumele supereroilor, ecuația lui Einstein e doar parțial corectă. De fapt, ecuația corectă ar fi $E = \pm mc^2$. (Semnul minus apare deoarece trebuie să extragem rădăcina pătrată dintr-o anumită cantitate. Extragerea rădăcinii pătrate dintr-o cantitate introduce întotdeauna o ambiguitate de tipul plus-minus.)

Dar fizicienii au oroare de energia negativă. În fizică, există o axiomă care stabilește că obiectele tind

67 Cole, p. 225.

întotdeauna spre starea de minimă energie (acesta este motivul pentru care apa caută întotdeauna nivelul cel mai de jos, nivelul mării). Întrucât materia întotdeauna cade la starea sa energetică cea mai scăzută, perspectiva unei energii negative era potențial dezastruoasă. Însemna că toți electronii se vor rostogoli în cele din urmă spre o energie negativă infinită, de unde concluzia că teoria lui Dirac ar fi instabilă. Așa încât Dirac a inventat conceptul „marea lui Dirac". El a presupus că toate stările de energie negativă sunt deja ocupate și, prin urmare, un electron nu se poate rostogoli în jos, spre energii tot mai negative. În consecință, universul este stabil. De asemenea, o radiație gama ar putea ocazional să se ciocnească cu un electron aflat într-o stare energetică negativă și să-l propulseze într-o stare de energie pozitivă. Am vedea atunci radiația gama transformându-se într-un electron și o „gaură" formându-se în marea lui Dirac. Această gaură ar acționa ca un balon în vid; cu alte cuvinte, ar avea o sarcină pozitivă și aceeași masă ca electronul originar. Altfel spus, gaura s-ar comporta ca un antielectron. Așadar, în această imagine, antimateria este reprezentată de „baloane" în marea lui Dirac.

La doar câțiva ani după ce Dirac a făcut această predicție uluitoare, Carl Anderson a descoperit concret antielectronul (pentru care Dirac a primit Premiul Nobel în 1933).

Cu alte cuvinte, antimateria există pentru că ecuația lui Dirac are două tipuri de soluții, una pentru materie și cealaltă pentru antimaterie. (Iar aceasta, la rândul ei, este o consecință a relativității restrânse.)

Ecuația lui Dirac nu prezice doar existența antimateriei, ci și a „spinului" electronului. Particulele

subatomice se pot roti în jurul axei[68], asemănător unui titirez. La rândul său, spinul electronului este crucial pentru înțelegerea fluxului de electroni din tranzistoare și semiconductori, ceea ce constituie baza electronicii moderne.

Stephen Hawking regretă că Dirac nu și-a patentat ecuația. El scrie: „Dirac s-ar fi îmbogățit dacă ar fi patentat ecuația lui Dirac. El ar fi primit drepturi de autor pentru fiecare televizor, walkman, joc video și computer".

Astăzi, celebra ecuație a lui Dirac este gravată în piatră la Westminster Abbey, nu departe de mormântul lui Isaac Newton. În întreaga lume, este, probabil, singura ecuație căreia i s-a făcut această onoare.

DIRAC ȘI NEWTON

Istoricii științei, care încearcă să înțeleagă cum a ajuns Dirac la ecuația sa revoluționară și la conceptul de antimaterie, l-au comparat adesea cu Newton. În mod straniu, Newton și Dirac au o serie de similitudini. Amândoi aveau douăzeci și ceva de ani când și-au prezentat operele fundamentale la Universitatea din Cambridge, amândoi stăpâneau la perfecție matematica și amândoi aveau comună încă o caracteristică marcantă: o totală lipsă de deprinderi sociale, până la limita patologicului. Amândoi erau notorii pentru incapacitatea de a se angaja în discuții mărunte sau de complezență. Dureros de timd, Dirac nu rostea niciodată vreun cuvânt decât dacă era întrebat direct, și atunci spunea „da", „nu" sau „nu știu".

De asemenea, Dirac era extrem de modest și detesta publicitatea. Când i s-a înmânat Premiul Nobel pentru fizică, el s-a gândit foarte serios să-l refuze din cauza notorietății și problemelor pe care primirea premiului le-ar fi

68 *To spin*, în engleză, înseamnă a se roti în jurul axei (*N. t.*).

generat. Abia când i s-a subliniat că respingerea unui Premiu Nobel ar genera și mai multă publicitate a decis să-l accepte.

Au fost scris volume despre personalitatea ciudată a lui Newton, cu ipoteze mergând de la otrăvirea cu mercur până la o boală mintală. Dar, de curând, psihologul Simon Baron-Cohen de la Cambridge a propus o nouă teorie care ar putea explica personalitățile neobișnuite ale lui Newton și Dirac. Baron-Cohen susține că amândoi sufereau probabil de sindromul Asperger, care este asemănător autismului, asemenea savantului idiot din filmul *Rain Man*. Persoanele care suferă de Asperger sunt notorii pentru reticența și stângăcia lor socială, iar uneori sunt binecuvântați cu capacități de calcul ieșite din comun, dar spre deosebire de indivizii autiști ei sunt funcționali în societate și pot ocupa slujbe productive. Dacă această teorie este adevărată, atunci probabil că înzestrarea cu puteri miraculoase de calcul a lui Newton și Dirac a avut prețul ei, cei doi fiind detașați social față de restul omenirii.

ANTIGRAVITAȚIA ȘI ANTIUNIVERSUL

Folosind teoria lui Dirac, putem răspunde acum la o mulțime de întrebări: care este contraponderea antimaterială a gravitației? Există antiuniversurile?

Așa cum am discutat, antiparticulele au sarcini opuse față de materia obișnuită. Dar particulele care nu au niciun fel de sarcină (cum ar fi fotonul, particula de lumină, sau gravitonul, particula gravitațională) pot fi propriile lor antiparticule. Vedem că gravitația este propria sa „antimaterie"; cu alte cuvinte, gravitația și antigravitația sunt unul și același lucru. Prin urmare, antimateria ar trebui

să „cadă“ sub acțiunea gravitației, nu să fie împinsă în sus. (Acest lucru este considerat valabil de către fizicieni, dar nu a fost niciodată demonstrat în laborator.)

Teoria lui Dirac răspunde totodată la întrebări profunde: de ce natura îngăduie existența antimateriei? Înseamnă asta că antiuniversurile există?

În unele povestiri de science-fiction, protagonistul descoperă o nouă planetă asemănătoare Pământului în spațiul cosmic. De fapt, noua planetă pare identică în toate privințele cu Pământul, exceptând faptul că este în întregime alcătuită din antimaterie. Pe această planetă, avem gemeni antimateriali, cu anticopii, care locuiesc în antiorașe. Întrucât legile antichimiei sunt identice cu legile chimiei, exceptând inversarea sarcinilor electrice, oamenii care locuiesc pe această planetă nu vor ști niciodată că sunt alcătuiți din antimaterie. (Fizicienii numesc această situație univers cu sarcină inversată sau univers S-revers, din moment ce toate sarcinile sunt inversate în acel antiunivers, dar toate celelalte rămân la fel.)

În alte povestiri de science-fiction, oamenii de știință descoperă o planetă geamănă cu Pământul în spațiul cosmic, atâta doar că e un univers în oglindă, în care totul este inversat. Inimile oamenilor se află în partea dreaptă a corpului și majoritatea sunt stângaci. Ei își trăiesc viața fără să știe că trăiesc într-un univers în oglindă. (Fizicienii numesc un astfel de univers în oglindă un univers cu paritate inversată sau un univers P-revers.)

Pot exista cu adevărat astfel de universuri, din antimaterie și cu paritate inversată? Fizicienii iau foarte în serios ideea de universuri gemene, întrucât ecuațiile lui Newton și Einstein rămân aceleași atunci când schimbăm pur și simplu sarcinile electrice ale tuturor particulelor

subatomice sau când inversăm orientarea stânga-dreapta. Prin urmare, universurile S-revers și P-revers sunt, în principiu, posibile.

Laureatul Nobel Richard Feynman a pus o întrebare interesantă despre aceste universuri. Să presupunem că într-o zi stabilim contactul radio cu extratereștrii de pe o planetă îndepărtată, fără să-i putem vedea. Putem oare să le explicăm diferențele dintre „stânga" și „dreapta" prin radio? a întrebat el. Dacă legile fizicii permit existența unui univers P-revers, atunci ar trebui să fie imposibilă exprimarea acestor concepte.

Anumite lucruri, și-a continuat el raționamentul, sunt ușor de comunicat, cum ar fi forma corpurilor noastre sau câte degete, brațe și picioare avem. Putem chiar să le explicăm extratereștrilor legile chimiei și biologiei. Dar dacă încercăm să le explicăm conceptul de „stânga" și „dreapta" (sau „în sensul acelor de ceasornic" și „în sens invers acelor de ceasornic"), vom da greș de fiecare dată. Nu vom reuși niciodată să le explicăm faptul că noi avem inima în partea stângă a corpului, în ce direcție se rotește Pământul sau ce orientare au spiralele moleculelor de ADN.

Așa încât s-a produs un adevărat șoc când C. N. Yang și T. D. Lee, amândoi de la Universitatea Columbia, au contrazis această teoremă prețuită. Examinând natura particulelor subatomice, ei au demonstrat că universul în oglindă, acel univers P-revers, nu poate să existe. Aflând despre acest rezultat revoluționar, un fizician a spus: „Dumnezeu trebuie să fi făcut o greșeală". Pentru acest rezultat epocal, denumit „răsturnarea parității", Yang și Lee au primit Premiul Nobel pentru fizică în 1957.

Pentru Feynman, această concluzie însemna că, dacă vorbești cu extratereștrii prin radio, este posibil să

pui la cale un experiment care să-ți permită să faci diferența dintre universurile de stânga și de dreapta numai prin radio. (De exemplu, electronii emiși de izotopul radioactiv cobalt-60 nu se rotesc în număr egal în sensul acelor de ceasornic și în sens invers acelor de ceasornic, ci se rotesc într-o direcție preferențială, încălcând prin urmare paritatea.)

În continuare, Feynman și-a imaginat că o întâlnire istorică va avea loc, în sfârșit, între extratereștri și omenire. Noi le spunem extratereștrilor să întindă mâna dreaptă la prima întâlnire dintre noi și ne vom strânge mâinile. Dacă extratereștrii chiar întind mâna dreaptă, atunci vom ști că le-am comunicat cu succes conceptul de „stânga-dreapta" și de „în sensul orar — în sens antiorar".

Dar pe urmă Feynman a formulat un gând neliniștitor. Ce se întâmplă dacă extratereștrii întind mâna stângă? Aceasta înseamnă că am comis o eroare fatală, și anume că nu am reușit să comunicăm corespunzător conceptul de „stânga" și „dreapta". Mai rău, înseamnă că extraterestrul este în realitate alcătuit din antimaterie și a efectuat toate experimentele în sens invers, așa că a înțeles pe dos ce înseamnă „stânga" și „dreapta". Înseamnă că atunci când ne vom strânge mâinile vom exploda!

Așa înțelegeam noi lucrurile până în anii 1960. Era imposibil să ne dăm seama de diferența dintre universul nostru și un univers în care totul era alcătuit din antimaterie și avea paritatea inversată. Dacă inversezi atât paritatea, cât și sarcina, universul rezultant se va supune legilor fizicii. Paritatea însăși a fost răsturnată, dar sarcina și paritatea constituie încă o bună simetrie a universului. Așa încât un univers SP-revers este totuși posibil.

Aceasta înseamnă că dacă am vorbi cu extratereștri la telefon, n-am putea să ne dăm seama de

diferența dintre un univers obișnuit și unul care are atât paritatea, cât și sarcina inversate (respectiv, stânga și dreapta sunt schimbate între ele, și întreaga materie este transformată în antimaterie).

Apoi, în 1964, fizicienii au recepționat un al doilea șoc: universul SP-revers nu poate exista. Analizând proprietățile particulelor subatomice, este totuși posibil să-ți dai seama de diferența dintre stânga și dreapta, în sensul acelor de ceasornic și univers dacă vorbești prin radio cu un alt univers SP-inversat. Pentru acest rezultat, James Cronin și Val Fitch au primit Premiul Nobel în 1980.

(Cu toate că mulți fizicieni au fost tulburați când s-a demonstrat că universul SP-revers este incompatibil cu legile fizicii, privind retrospectiv, descoperirea a reprezentat un fapt pozitiv, așa cum s-a discutat anterior. Dacă universul SP-revers ar fi posibil, atunci Big Bangul inițial ar fi implicat exact aceleași cantități de materie și antimaterie și, în consecință, s-ar fi produs o anihilare 100 %, iar atomii noștri nu ar mai fi fost posibili! Faptul că existăm ca rămășițe ale anihilării unor cantități inegale de materie și antimaterie este o dovadă a încălcării SP.)

Sunt posibile universurile inversate? Răspunsul este da. Chiar dacă universurile cu paritate sau sarcină inversată nu sunt posibile, un antiunivers rămâne totuși posibil, dar ar fi unul straniu. Dacă inversăm sarcinile electrice, paritatea și *sensul de scurgere a timpului*, atunci universul rezultat s-ar supune tuturor legilor fizicii. Universul SPT-revers este permis.

Inversarea timpului este o simetrie bizară. Într-un univers T-revers, ouăle prăjite sar din farfurie, se reformează în tigaie, apoi sar din nou în coaja de ou, iar crăpăturile se închid la loc. Cadavrele se ridică din morți,

întineresc, se preschimbă în copii și apoi sar înapoi în pântecele mamelor.

Bunul-simț ne spune că un univers T-revers nu e posibil. Dar ecuațiile matematice ale particulelor subatomice ne spun altceva. Legile lui Newton decurg la fel de bine într-un sens sau în sens opus. Să ne imaginăm că înregistrăm video un joc de biliard. Fiecare ciocnire a bilelor se supune legilor de mișcare newtoniene; rularea unei astfel de casete video ar oferi privirilor un joc bizar, dar întru totul permise de legile lui Newton.

În teoria cuantică, lucrurile sunt mai complicate. Inversarea timpului, de una singură, violează legile mecanicii cuantice, dar un univers complet inversat (SPT-revers) este permis. Aceasta înseamnă că un univers în care stânga și dreapta sunt inversate, materia se transformă în antimaterie, iar timpul se scurge în sens invers este un univers pe deplin acceptabil, care se supune legilor fizicii!

(În mod ironic, nu putem să comunicăm cu o astfel de lume SPT-inversată. Dacă timpul se scurge înapoi pe planeta lor, înseamnă că tot ce le spunem prin radio va face parte din viitorul lor, așa încât ei vor uita tot ce le spunem din momentul în care vorbim cu ei. Așa încât, cu toate că un univers SPT-revers este îngăduit de legile fizicii, nu putem vorbi prin radio cu niciun extraterestru SPT-inversat.)

În rezumat, motoarele cu antimaterie s-ar putea să ne ofere o posibilitate realistă de asigurare a combustibilului pentru o astronavă în viitorul îndepărtat, cu condiția ca suficientă materie să se poată crea pe Pământ sau descoperi în spațiul cosmic. Există un ușor dezechilibru între materie și antimaterie din cauza încălcărilor SP, ceea ce poate

însemna că rezerve de antimaterie continuă să existe și deci pot fi colectate.

Dar din cauza dificultăților tehnice implicate în motoarele cu antimaterie, s-ar putea să treacă un secol sau chiar mai mult până la dezvoltarea acestei tehnologii, ceea ce o face să fie o imposibilitate de clasa I.

Dar să atacăm o altă întrebare: Vor fi posibile în viitor, peste câteva mii de ani, astronavele mai rapide decât lumina? Există fisuri în celebrul dicton al lui Einstein, conform căruia „nimic nu se poate deplasa mai repede decât lumina"? Surprinzător, răspunsul este da.

IMPOSIBILITĂȚI DE CLASA A II-A

11. MAI RAPID DECÂT LUMINA

Este cât se poate de posibil ca [viața] să se răspândească în galaxie și mai departe. Așadar, s-ar putea ca viața să nu rămână pentru totdeauna o urmă contaminantă lipsită de importanță a universului, chiar dacă asta e acum. De fapt, mi se pare o perspectivă atrăgătoare.

ASTRONOMUL REGAL SIR MARTIN REES

Este imposibil să călătorim mai rapid decât lumina și fără doar și poate că nici nu e de dorit, pentru că tot timpul ne-ar zbura pălăria din cap.

WOODY ALLEN

În *Războiul Stelelor,* când *Millennium Falcon* decolează de pe planeta părăsită Tatooine, purtându-i pe eroii noștri Luke Skywalker și Han Solo, nava întâlnește o escadrilă de nave de luptă amenințătoare ale Imperiului, orbitând planeta. Navele de luptă ale Imperiului trimit spre nava eroilor noștri o rafală distrugătoare de raze laser care îi străpung treptat câmpurile de forță protectoare. *Millennium Falcon* este în inferioritate în privința armamentului. Prinzându-și centura de siguranță sub asaltul pârjolitor al rafalelor laser, Han Solo strigă că singura lor speranță este să facă saltul în „hiperspațiu". Cât ai clipi, motoarele hiperluminice se trezesc la viață. Deodată, toate stelele din jurul lor suferă o implozie spre centrul ecranului-vizor, preschimbându-se în niște dâre convergente de lumină orbitoare. Se deschide o gaură,

prin care *Millenium Falcon* trece fulgerător, ajungând în hiperspațiu și la libertate.

Science-fiction? Neîndoielnic. Dar s-ar putea baza această secvență pe un adevăr științific? Probabil. Deplasarea cu viteze hiperluminice a fost întotdeauna o marcă distinctivă a science-fictionului, dar, de curând, fizicienii s-au ocupat serios de această posibilitate.

Conform lui Einstein, viteza luminii este limita maximă de viteză din univers. Chiar și cele mai puternice dezintegratoare de atomi, care pot crea energii comparabile cu cele din centrul stelelor în proces de explozie sau cu cea din timpul Big Bangului însuși, nu pot accelera particulele subatomice la o viteză mai mare decât cea a luminii. După toate aparențele, viteza luminii este limitatorul de viteză suprem din univers. Dacă așa stau lucrurile, orice speranță ca noi să ajungem la galaxiile îndepărtate pare anulată.

Sau poate că nu...

EINSTEIN RATATUL

În 1902, nu era deloc de domeniul evidenței că tânărul fizician Albert Einstein va fi aclamat drept cel mai mare fizician de la Newton încoace. De fapt, acel an a reprezentat punctul cel mai de jos al întregii sale vieți. Abia intrat în categoria studenților doctoranzi, cererile de obținere a unui post în învățământ i-au fost respinse de toate universitățile la care a apelat. (Ulterior a aflat că profesorul lui, Heinrich Weber, îi scrisese niște scrisori de recomandare oribile, probabil ca o răzbunare pentru că Einstein trăsese chiulul la multe dintre cursurile sale.) Mai mult, mama lui Einstein s-a manifestat violent împotriva prietenei lui, Mileva Maric, care îi purta în pântece copilul. Din acest

motiv, prima lor fiică, Lieserl, va fi un copil nelegitim. Tânărul Albert a înregistrat numai eșecuri în diferitele slujbe temporare pe care le-a ocupat. A fost concediat până și din postul mărunt de tutore. În scrisorile deprimate pe care le scria, contempla perspectiva de a se angaja ca vânzător, pentru a-și putea câștiga existența. A scris chiar familiei că, probabil, ar fi fost mai bine dacă nu s-ar fi născut deloc, întrucât era așa o povară pentru familia lui și îi lipseau orice perspective de succes în viață. Când tatăl lui a murit, Einstein s-a simțit rușinat că tatăl lui murise cu convingerea că fiul său era un ratat.

Și totuși mai târziu, în același an, roata avea să se întoarcă pentru Einstein. Un prieten l-a ajutat să obțină un post de funcționar la Biroul Elvețian pentru Patente. Din acel post mărunt, Einstein va declanșa cea mai măreață revoluție din istoria modernă. După ce termina rapid de analizat cererile de patente care-i fuseseră repartizate, petrecea ore în șir meditând la problemele de fizică ce-l fascinaseră încă din copilărie.

Care era secretul geniului său? Poate că un indiciu al geniului era capacitatea sa de a gândi în termeni de imagini fizice (de exemplu, trenuri în mișcare, ceasuri acceleratoare, țesături întinse) decât în cei ai matematicii pure. Einstein a spus cândva că, dacă o teorie nu poate fi explicată unui copil, probabil că teoria e inutilă; cu alte cuvinte, esența unei teorii trebuie să fie captată de o imagine fizică. Prea mulți fizicieni se rătăcesc într-o junglă de matematici care nu duce nicăieri. Dar ca și Newton înaintea sa, Einstein era obsedat de imaginea fizică; aparatul matematic avea să vină mai târziu. Pentru Newton, imaginea fizică a fost reprezentată de mărul căzut din pom și de Lună. Erau forțele care făceau mărul să cadă identice cu forțele

care menținеau Luna pe orbită? Când Newton a decis că răspunsul era afirmativ, a creat o arhitectură matematică pentru universul care și-a dezvăluit dintr-odată cel mai mare secret al cerurilor, mișcarea corpurilor celeste însăși.

EINSTEIN ȘI RELATIVITATEA

Albert Einstein și-a prezentat celebra teorie a relativității restrânse în 1905. În inima acestei teorii se află o imagine pe care până și un copil o poate înțelege. Teoria lui era punctul culminant al visului pe care-l avusese încă la vârsta de șaisprezece ani, când a pus întrebarea hotărâtoare: ce se întâmplă dacă alergi mai repede decât un fascicul de lumină? Pe atunci, el știa că mecanica newtoniană descrie mișcarea obiectelor pe Pământ și pe cer, iar teoria lui Maxwell descrie lumina. Aceștia erau cei doi piloni ai fizicii.

Esența geniului lui Einstein a fost faptul că a observat că acești doi piloni sunt în contradicție. Unul dintre ei trebuia să cadă.

După Newton, poți oricând să întreci un fascicul de lumină, întrucât viteza luminii nu are nimic special. Aceasta însemna că fasciculul de lumină trebuie să rămână staționar când alergi de-a lungul lui. Dar încă de atunci, din adolescență, Einstein și-a dat seama că nimeni nu a văzut vreodată o undă luminoasă complet staționară, cu alte cuvinte, ca o undă înghețată. De aici, consecința că teoria lui Newton nu avea noimă.

În cele din urmă, ca student la colegiul din Zürich, în timp ce studia teoria lui Maxwell, Einstein a găsit răspunsul. El a descoperit ceva pe care nici măcar Maxwell nu-l cunoștea: și anume că viteza luminii era constantă, indiferent cât de repede te deplasai. Dacă te apropiai sau

te îndepărtai de un fascicul de lumină, acesta se deplasa cu aceeași viteză, dar această caracteristică încălca legile bunului simț. Einstein a găsit răspunsul la întrebarea sa din copilărie: nu poți niciodată să alergi de-a lungul unui fascicul de lumină, deoarece acesta se îndepărtează permanent de tine cu o viteză constantă, indiferent cât de repede te miști.

Dar mecanica newtoniană era un sistem compact și restrictiv: ca atunci când tragi de un fir slăbit, întreaga teorie se putea destrăma dacă făceai cea mai mică modificare în asumpțiile ei. În teoria newtoniană, scurgerea timpului era uniformă în întreg universul. O secundă pe Pământ era identică cu o secundă pe Venus sau pe Marte. În mod similar, o măsură de un metru pe Pământ are aceeași lungime ca măsura de un metru pe Pluto. Dar dacă viteza luminii era mereu constantă, indiferent de cât de rapid te deplasai, era nevoie de o zdruncinare din temelii a felului cum înțelegeam spațiul și timpul. Profunde distorsiuni ale spațiului și timpului trebuiau să se producă pentru a păstra constanța vitezei luminii.

După Einstein, dacă te afli într-o rachetă care accelerează, trecerea timpului în interiorul respectivei rachete va trebui să încetinească în raport cu un observator de pe pământ. Timpul se scurge cu viteze diferite, în funcție de viteza cu care te deplasezi. Mai mult, spațiul din interiorul acelei rachete se va comprima, în așa fel încât măsura de un metru își poate schimba lungimea, în funcție de viteza ta de deplasare. Iar masa rachetei va crește și ea. Dacă ar fi să aruncăm o privire în interiorul rachetei cu ajutorul telescoapelor, am vedea cum limbile ceasurilor dinăuntrul rachetei se mișcă mai lent, cum oamenii se mișcă și ei cu încetinitorul și par aplatizați.

De fapt, dacă racheta s-ar deplasa cu viteza luminii, timpul s-ar opri aparent în interiorul rachetei, care ar fi comprimată până n-ar mai rămânea nimic, iar masa rachetei ar fi infinită. Dat fiind că niciuna dintre aceste observații nu au nicio logică, Einstein a postulat că nimic nu poate trece de bariera luminii. (Deoarece, cu cât se deplasează mai repede, un obiect devine mai greu, aceasta înseamnă că energia de mișcare este transformată în masă. Cantitatea exactă de energie care se transformă în masă este ușor de calculat, și ajungem astfel la celebra ecuație $E = mc^2$ peste doar câteva rânduri.)

Din momentul în care Einstein și-a derivat celebra ecuație, literalmente milioane de experimente i-au confirmat ideile revoluționare. De exemplu, sistemul GPS, care vă poate localiza poziția de pe Pământ cu precizie de câteva zeci de centimetri, ar da greș dacă nu s-ar introduce corecțiile datorate relativității. (Întrucât militarii se bazează atât de mult pe sistemul GPS, chiar și generalii de la Pentagon trebuie să fie instruiți de către fizicieni cu privire la teoria relativității einsteiniene.) Ceasurile de pe GPS se modifică, de fapt, în timp ce se deplasează cu viteză deasupra Pământului, așa cum a prezis Einstein.

Cea mai elocventă ilustrare a acestui concept se află în dezintegratoarele de atomi, instalații în care oamenii de știință accelerează particule la viteze apropiate de viteza luminii. La uriașul accelerator de la CERN, Marele Accelerator Hadroni, din apropierea orașului elvețian Geneva, protonii sunt accelerați la energii de câteva trilioane de electronvolți și se deplasează foarte aproape de viteza luminii.

Pentru un specialist în rachete, bariera luminică nu constituie încă o problemă, dat fiind că rachetele abia dacă ating viteze de câteva zeci de mii de kilometri pe oră.

Dar în decurs de un secol sau două, perioadă în care oamenii de știință implicați în fizica spațială se gândesc în mod serios să trimită sonde spre steaua cea mai apropiată (situată la peste 4 ani-lumină de Pământ), bariera luminică ar putea deveni, treptat, o problemă.

FISURI ALE TEORIEI EINSTEINIENE

De-a lungul deceniilor, fizicienii au încercat să găsească fisuri în celebrul dicton al lui Einstein. Au fost găsite unele fisuri, dar cele mai multe dintre ele nu sunt foarte utile. De exemplu, dacă „mături" bolta cerului cu un fascicul de lanternă, în principiu, imaginea fasciculului luminos poate depăși viteza luminii. În câteva secunde, imaginea lanternei se mișcă dintr-un punct al orizontului în punctul opus, parcurgând o distanță care se poate întinde pe sute de ani-lumină. Dar acest lucru nu este câtuși de puțin important, întrucât în acest mod nicio informație nu poate fi transmisă mai rapid decât lumina. Imaginea fasciculului luminos a depășit viteza luminii, dar imaginea nu transportă nici energie, nici informație.

În mod similar, dacă avem niște foarfeci, punctul la care cele două lame se intersectează se deplasează cu atât mai rapid, cu cât ne situăm mai departe de punctul de îmbinare. Dacă ne imaginăm niște foarfeci lungi de un an-lumină, atunci, la închiderea foarfecilor, punctul de intersecție se poate deplasa mai rapid decât lumina. (Și de data asta, nu are importanță, căci punctul de intersecție nu poartă nici energie, nici informație.)

Tot așa, după cum am arătat în capitolul 4, Experimentul EPR permite trimiterea de informație cu viteze

supraluminice. (Ne reamintim că, în acest experiment, doi electroni vibrează la unison și apoi sunt trimiși în direcții opuse. Dat fiind că electronii sunt coerenți, informația poate fi trimisă între ei la viteze mai mari decât viteza luminii, dar această informație este aleatorie și, prin urmare, inutilă. În consecință, mașinile EPR nu pot fi folosite la expedierea sondelor către stele îndepărtate.)

Pentru un fizician, cea mai importantă fisură provine de la Einstein însuși, care a creat, în 1915, teoria generală a relativității. Semințele teoriei generale au fost plantate atunci când Einstein a început să analizeze caruselul pentru copii. După cum am văzut anterior, obiectele se contractă pe măsură ce viteza cu care se deplasează se apropie de viteza luminii. Cu cât viteza e mai mare, cu atât contracție e mai puternică. Dar, la un disc rotitor, circumferința exterioară se mișcă mai rapid decât centrul. (De fapt, centrul este aproape staționar.) Aceasta înseamnă că o riglă plasată pe circumferință ar trebui să se contracte, în vreme ce o riglă plasată în centru rămâne aproape neschimbată, astfel încât suprafața caruselului nu mai e plată, ci curbată. Astfel, accelerația are ca efect curbarea spațiului și a timpului pe un carusel.

În teoria generală a relativității, spațiu-timpul este o țesătură care se poate dilata și contracta. În anumite circumstanțe, țesătura se poate dilata mai rapid decât viteza luminii. De exemplu, gândiți-vă la Big Bang, marea explozie de acum 13,7 miliarde de ani, care a dus la nașterea universului. Se poate calcula că, inițial, universul s-a expandat cu o viteză mai mare decât viteza luminii. (Această acțiune nu violează teoria restrânsă a relativității, dat fiind că se expanda un spațiu gol — spațiul dintre stele — nu stele propriu-zise. Spațiul în expansiune nu poartă nicio informație.)

Ideea importantă e că relativitatea restrânsă se aplică doar local, cu alte cuvinte, în vecinătatea imediată. În vecinătatea noastră locală (de exemplu, în sistemul solar), relativitatea restrânsă se confirmă, așa cum o dovedesc sondele noastre spațiale. Dar la nivel global (de exemplu, la o scară cosmologică, ce implică universul), trebuie să folosim teoria generală a relativității, în cadrul căreia spațiu-timpul devine o țesătură, iar această țesătură se poate dilata mai rapid decât lumina. Ea permite totodată formarea unor „găuri în spațiu", care pot reprezenta niște scurtături prin spațiu și timp.

Ținând cont de toate acestea, probabil că singura modalitate de a călători mai rapid decât lumina este să invocăm relativitatea generală. Acest lucru se poate face în două moduri.

1. *Dilatarea spațiului.* Dacă am putea să dilatăm spațiul din spatele nostru și să contractăm spațiul din fața noastră, atunci am avea iluzia că ne mișcăm mai rapid decât lumina. În realitate, nu ne-am mișca deloc. Dar întrucât spațiul a fost deformat, înseamnă că putem ajunge la stelele îndepărtate cât ai clipi.

2. *Sfâșierea spațiului.* În 1935, Einstein a introdus conceptul găurii de vierme. Imaginați-vă oglinda fermecată a lui Alice, un dispozitiv magic care leagă ținutul rural din Oxford cu Țara Minunilor. Gaura de vierme este un dispozitiv care poate face legătura între două universuri. În școala primară, am învățat că distanța cea mai scurtă dintre două puncte este linia dreaptă. Dar asta nu e neapărat adevărat,

pentru că dacă am îndoi o foaie de hârtie până când două puncte s-ar atinge, atunci am vedea că distanța cea mai scurtă dintre două puncte este, de fapt, o gaură de vierme.

După cum spunea fizicianul Matt Visser, de la Universitatea Washington, „Comunitatea relativistă a început să se gândească la ce ar fi necesar ca să scoatem din domeniul science-fictionului idei precum motoarele superluminice sau găurile de vierme".[69]

Sir Martin Rees, Astronomul Regal al Marii Britanii, afirmă: „Găurile de vierme, extradimensiunile și computerele cuantice deschid scenarii speculative care pot transforma, în cele din urmă, întregul nostru univers într-un «cosmos viu»".[70]

MOTORUL ALCUBIERRE ȘI ENERGIA NEGATIVĂ

Cel mai bun exemplu de dilatare a spațiului este motorul Alcubierre, propus de fizicianul Miguel Alcubierre, în 1994, și care folosește teoria gravitației einsteiniene. Este foarte asemănător cu sistemul de propulsie folosit în *Star Trek*. Pilotul unei astfel de astronave ar sta așezat într-o capsulă (denumită „capsulă deformatoare"), în care totul pare a fi normal, chiar dacă astronava ar depăși bariera luminică. De fapt, pilotul ar crede că se află în repaus. Și totuși în afara capsulei, deformări ale spațiu-timpului ar avea loc în momentul în care spațiul din fața capsulei deformatoare s-ar comprima. Nu ar avea loc o dilatare a timpului, prin urmare, timpul ar curge nornal în interiorul capsulei.

---

69 Cavelos, p. 137.
70 Kaku, Parallel Worlds, p. 307.

Alcubierre recunoaște că e posibil ca *Star Trek* să-l fi ajutat să descopere această soluție. „Personajele din *Star Trek* vorbeau tot timpul despre motorul deformator (superluminic), despre faptul că spațiul era deformat", spune el. „Aveam deja o teorie despre modul în care spațiul poate sau nu poate fi deformat, iar aceasta este teoria generală a relativității. Mi-am spus că ar trebui să existe o modalitate de folosire a acestor concepte pentru a vedea cum ar funcționa un motor deformator".[71] Probabil că este pentru prima oară când un serial de televiziune a constituit sursa de inspirație pentru găsirea soluției la una dintre ecuațiile lui Einstein.

Alcubierre face speculația conform căreia o călătorie în astronava propusă de el ar semăna cu una efectuată în *Millenium Falcon* din *Războiul Stelelor*. „Părerea mea e că pasagerii ar vedea, probabil, ceva foarte similar cu asta. În fața navei, stelele ar devenii niște linii lungi, ca niște dâre. În spate, nu s-ar mai vedea nimic — doar negru — pentru că lumina de la stele nu se poate deplasa îndeajuns de repede ca să țină pasul cu ei"[72], spune el.

Elementul-cheie al motorului lui Alcubierre este energia necesară pentru a propulsa astronava la viteze mai mari decât cea a luminii. În mod normal, fizicienii încep cu o cantitate pozitivă de energie, cu scopul de a propusa o astronavă, care se deplasează întotdeauna la viteze inferioare celei a luminii. Pentru a depăși această strategie în așa fel, încât să putem călători la viteze supraluminice, ar fi nevoie să schimbăm combustibilul. Un calcul direct demonstrează că ar fi nevoie de o „masă negativă" sau de „energie negativă", probabil, cele mai exotice entități din univers, dacă ar exista. Prin tradiție, fizicienii au respins conceptele de energie negativă și masă negativă, trecându-le în domeniul science- fictionului. Dar acum constatăm că ele

71 Cavelos, p. 151.
71 Cavelos, p. 154.

sunt indispensabile deplasării cu viteze supraluminice și că, de fapt, s-ar putea chiar să existe.

Oamenii de știință au căutat materia negativă în natură, dar până acum, fără succes. (Antimateria și materia negativă sunt două lucruri întru totul diferite. Prima există și are energie pozitivă, dar sarcină inversată. În schimb, deocamdată, existența materiei negative nu a putut fi dovedită.) Materia negativă ar fi foarte ciudată, deoarece ar fi mai ușoară decât nimicul. De fapt, ar pluti. Dacă materia negativă ar fi existat la începuturile universului, ar fi plutit prin vastitatea spațiului cosmic. Spre deosebire de meteorii care ajung să se prăbușească pe planete, atrași fiind de gravitația acestora, materia negativă ar ocoli planetele. Ar fi respinsă, nu atrasă, de corpurile cosmice mari precum stelele și planetele. Prin urmare, deși materia negativă ar putea exista, ne așteptăm s-o găsim doar în spațiul cosmic, cu siguranță nu pe Pământ.

O propunere de găsire a materiei negative în spațiul cosmic presupune folosirea fenomenului numit „lentilele lui Einstein". Când lumina ajunge în preajma unei stele sau a unei galaxii, traiectoria ei este curbată de forța gravitațională, în conformitate cu relativitatea generală. În 1912 (chiar înainte ca Einstein să fi definitivat teoria generală a relativității), el a prezis că o galaxie ar putea să acționeze ca o lentilă de telescop. Lumina provenită de la un obiect îndepărtat, care se deplasează pe lângă o galaxie apropiată, ar converge la trecerea pe lângă galaxie, așa cum se întâmplă la trecerea printr-o lentilă, formând un model inelar caracteristic când lumina ar ajunge în cele din urmă pe Pământ. Aceste fenomene sunt denumite acum „inelele lui Einstein". În 1979, prima dintre lentilele lui Einstein a fost observată în spațiul cosmic. De atunci, lentilele lui

Einstein au devenit un instrument indispensabil pentru astronomi. (De exemplu, cândva se credea că ar fi imposibil să se localizeze „materia neagră" din spațiul cosmic. [Materia neagră este o substanță misterioasă care e invizibilă, dar are greutate. Ea înconjoară galaxiile și, probabil, este cam de zece ori mai abundentă în univers decât materia obișnuită, vizibilă.] Dar savanții de la NASA au reușit să traseze hărți ale materiei negre, dat fiind că traiectoria luminii se curbează la trecerea prin materia neagră, în același mod în care sticla curbează razele luminoase.)

Prin urmare, lentilele lui Einstein ar putea fi folosite pentru căutarea materiei negative și a găurilor de vierme în spațiul cosmic. Acestea ar trebui să provoace devierea luminii într-o manieră neobișnuită, care să poată fi observată cu ajutorul Telescopului Spațial Hubble. Până în prezent, nu s-a reușit detectarea materiei negre sau a găurilor de vierme cu ajutorul lentilelor lui Einstein, dar căutarea continuă. Dacă într-o bună zi Telescopul Spațial Hubble ar detecta prezența materiei negative sau ar descoperi o gaură de vierme, întreaga știință a fizicii ar resimți efectele unei adevărate unde de șoc.

Energia negativă diferă de materia negativă prin faptul că există, dar numai în cantități minuscule. În 1933, Hendrik Casimir a făcut o predicție bizară folosindu-se de legile teoriei cuantice. El a afirmat că două plăci metalice paralele lipsite de sarcină electrică se vor atrage reciproc, ca prin magie. În mod normal, plăcile paralele sunt staționare, întrucât sunt lipsite de orice sarcină netă. Dar vidul dintre cele două plăci nu este gol, ci plin de „particule virtuale", cu o existență efemeră.

Pentru perioade foarte scurte de timp, perechi electron-antielectron apar ca din neant, doar pentru a se

anihila și a dispărea înapoi în vid. În mod paradoxal, spațiul cosmic, despre care cândva se credea că este lipsit de orice, acum se dovedește a clocoti de activitate cuantică. În mod normal, aceste emisii minuscule de materie și antimaterie ar părea că încalcă legea conservării energiei. Dar datorită principiului incertitudinii, aceste minuscule încălcări au o durată incredibil de scurtă și, în medie, energia se conservă.

Casimir a constatat că norul de particule virtuale va crea o presiune netă în vid. Spațiul dintre cele două plăci paralele este limitat și, prin urmare, presiunea este joasă. Dar în afara plăcilor, presiunea nu are restricții și deci este mai mare și, în consecință, va exista o presiune netă care va împinge plăcile una spre cealaltă.

În condiții normale, starea de energie zero apare când cele două plăci sunt în repaus și stau separate una față de cealaltă. Dar pe măsură ce plăcile se apropie, se poate extrage energie din ele. Astfel, întrucât din plăci s-a extras energie cinetică, energia plăcilor este mai mică decât zero.

Această energie negativă a fost efectiv măsurată în laborator în 1948, iar rezultatele au confirmat predicția lui Casimir. Prin urmare, energia negativă și efectul Casimir nu mai țin de science-fiction, ci sunt realități confirmate. Totuși problema e că efectul Casimir este extrem de mic; pentru detectarea acestei energii în condiții de laborator, este nevoie de echipament foarte sensibil, de înaltă tehnicitate. (În general, energia Casimir este invers proporțională cu distanța dintre plăci ridicată la puterea a patra. Ceea ce înseamnă că energia este cu atât mai mare, cu cât distanța de separare e mai mică.) Efectul Casimir a fost măsurat cu precizie în 1996 de către Steven Lamoreaux, de la Laboratorul Național din Los Alamos, iar forța de atracție este echivalentă cu 1/30 000 din greutatea unei furnici.

De la data când Alcubierre și-a formulat pentru prima oară teoria, fizicienii au descoperit un număr de proprietăți stranii. Oamenii dinăuntrul astronavei sunt deconectați cauzal de lumea de afară. Aceasta înseamnă că nu poți pur și simplu să apeși pe un buton și să te deplasezi mai rapid decât lumina. Nu poți comunica prin pereții capsulei. Trebuie să fie o „autostradă" preexistentă în spațiu și timp, ca un șir de trenuri care trec după un orar regulat. În acest sens, astronava nu va putea fi o navă obișnuită, care să-și poată schimba direcția și viteza după bunul plac al echipajului. De fapt, astronava s-ar comporta ca un vehicul de pasageri care se deplasează pe o „undă" de spațiu comprimat, navigând de-a lungul unui coridor preexistent în spațiu-timpul deformat. Alcubierre face următoarea speculație: „Am avea nevoie de un șir de generatoare de materie exotică de-a lungul drumului, așa cum se întâmplă pe o autostradă, care să manipuleze spațiul într-o manieră sincronizată".[73]

De fapt, pot fi găsite tipuri de soluții și mai bizare la ecuațiile lui Einstein. Acestea din urmă stabilesc că, pentru o cantitate determinată de masă sau de energie, se poate calcula deformarea spațiu-timpului pe care o va genera masa sau energia respectivă (în același fel în care, dacă arunci o piatră într-un lac, poți să calculezi vălurelele pe care le va crea pe suprafața apei). Dar ecuațiile pot fi analizate și în sens invers, pornindu-se de la un spațiu-timp bizar, așa cum putem întâlni în unele episoade din *Zona crepusculară*. (În aceste universuri, de exemplu, poți să deschizi o ușă și să te pomenești pe lună. Poți să alergi în jurul unui copac și să constați că te-ai deplasat înapoi în timp, cu inima în partea dreaptă a corpului.) Apoi se poate calcula distribuția de materie și energie asociată cu acel spațiu-timp particular.

---

73 Cavelos, p. 154.

(Aceasta înseamnă că dacă ni se dă o combinație bizară de vălurele pe suprafața unui lac, putem efectua calculele în sens invers și să calculăm distribuția de pietre necesară pentru producerea acelor vălurele.) De fapt, aceasta a fost modalitatea în care Alcubierre și-a dedus ecuațiile. A început cu un spațiu-timp concordant cu vitezele supraluminice și apoi a efectuat calculele în ordine inversă, determinând energia necesară pentru a-l produce.

GĂURILE DE VIERME ȘI GĂURILE NEGRE

Pe lângă dilatarea spațiului, a doua cale posibilă de depășire a barierei luminice este de străpungere a spațiului, prin intermediul găurilor de vierme, adevărate coridoare de trecere care leagă două universuri. În ficțiune, prima mențiune a unei găuri de vierme vine de la matematicianul Charles Dodgson, care a scris *Prin oglindă (Through the Looking Glass)* sub pseudonimul Lewis Carroll. Oglinda lui Alice este o gaură de vierme, care face legătura între ținutul rural Oxford și lumea fermecată din Țara Minunilor. Când își pune mâinile pe oglindă, Alice este transportată instantaneu dintr-un univers în altul. Matematicienii numesc astfel de situații „spații multiplu conectate".

Conceptul găurilor de vierme în fizică datează din 1916, la un an după ce Einstein și-a publicat măreața teorie generală a relativității. Fizicianul Karl Schwarzschild, care pe atunci era înrolat în armata Kaiserului, a reușit să rezolve ecuațiile lui Einstein exact pentru cazul unei stele punctiforme singulare. La mare distanță de acea stea, câmpul ei gravitațional era foarte asemănător cu cel al unei stele obișnuite și, la drept vorbind, Einstein a folosit soluția găsită

de Schwarzschild pentru a calcula devierea luminii în jurul stelei. Soluția lui Schwarzschild a avut un impact imediat și profund asupra astronomiei, și chiar și astăzi este una dintre cele mai cunoscute soluții ale ecuațiilor lui Einstein. Timp de generații, fizicienii au folosit câmpul gravitațional din jurul acelei stele punctiforme ca o aproximare a câmpului din jurul unei stele reale, care are un diametru finit.

Dar dacă iei în serios această soluție punctiformă, atunci în centrul ei stă la pândă un obiect punctiform monstruos care i-a șocat și i-a uluit pe fizicieni timp de aproape un secol — o gaură neagră. Soluția lui Schwarzschild pentru gravitația stelei punctiforme s-a dovedit a fi un adevărat cal troian. Pe dinafară, arăta ca un dar sosit din ceruri, dar înăuntru se ascundeau tot soiul de demoni și năluci. Dar dacă acceptai exteriorul, trebuia să accepți și interiorul. Soluția lui Schwarzschild a demonstrat că, pe măsură ce te apropii de această stea punctiformă, se întâmplă lucruri bizare. Steaua este înconjurată de o sferă invizibilă (denumită „orizont evenimențial"), care acționează ca o capcană de insecte: oricine poate intra, dar nimeni nu mai iese. Odată ce-ai trecut de orizontul evenimențial, nu te mai poți întoarce. (Odată aflat înăuntrul orizontului evenimențial, ar trebui să te poți deplasa mai rapid decât lumina ca să poți evada înapoi, în afara orizonului evenimențial, iar asta ar fi imposibil.)

Pe măsură ce te-ai apropia de orizontul evenimențial, atomii din care îți este alcătuit corpul ar fi dilatați de niște forțe uriașe. Gravitația resimțită în tălpi ar fi mult mai mare decât gravitația pe care ai simți-o în cap, așa încât ai fi „transformat în spaghetti" și apoi sfâșiat. În mod similar, atomii din corpul tău ar fi de asemenea dilatați și apoi descompuși sub acțiunea gravitației.

Pentru un observator din afară, care te urmărește în timp ce te apropii de orizontul evenimențial, ar părea că îți încetinești deplasarea în timp. De fapt, în momentul când ajungi la orizontul evenimențial, ar părea că timpul s-a oprit în loc.

Mai mult, în momentul în care ai traversa orizontul evenimențial, ai vedea lumina care a fost prinsă în capcană și care circulă în interiorul acestei găuri negre de miliarde de ani. Ai avea impresia că urmărești un film care înfățișează întreaga istorie a găurii negre, mergând până la originile acesteia.

Și, în sfârșit, dacă ai putea să cazi direct prin gaura neagră, în „cealaltă parte" ar fi un alt univers. Aceasta a fost denumită Puntea Einstein-Rosen, prezentată prima oară de către Einstein în 1935; acum este denumită gaură de vierme.

Einstein și alți fizicieni credeau că o stea n-ar putea niciodată să evolueze în mod natural spre un astfel de obiect monstruos. De fapt, în 1939, Einstein a publicat un articol în care demonstra că o masă circulantă de gaz și praf nu se va condensa niciodată într-o asemenea gaură neagră. Așa încât, cu toate că în centrul găurii negre stătea ascunsă o gaură de vierme, el era încredințat că un obiect atât de straniu nu s-ar putea forma niciodată prin mijloace naturale. La drept vorbind, astrofizicianul Arthur Eddington a spus cândva că ar trebui să existe „o lege a naturii care să împiedice o stea să se comporte într-o manieră atât de absurdă". Cu alte cuvinte, chiar dacă gaura neagră constituie o soluție acceptabilă a ecuațiilor lui Einstein, nu există niciun mecanism natural cunoscut în urma căruia să se formeze așa ceva.

Toate acestea s-au schimbat odată cu apariția unui articol scris, în același an, de J. Robert Oppenheimer și studentul său, Hartland Snyder, și în care se demonstra

că găurile negre se pot forma prin mijloace naturale. Ei au presupus că o stea aflată în curs de extincție și-a consumat combustibilul nuclear, colapsând sub propria gravitație, propria greutate provocând o implozie. Dacă gravitația a putut să comprime steaua până în limitele orizontului evenimențial, atunci nimic cunoscut de știință nu ar putea împiedica gravitația să comprime steaua până la o particulă punctiformă, respectiv, gaura neagră. (Această metodă prin implozie se poate să-i fi oferit lui Oppenheimer indiciul pentru construirea bombei de la Nagasaki, după doar câțiva ani, bombă bazată pe implozia unei sfere de plutoniu.)

Al doilea mare pas înainte a avut loc în 1963, când matematicianul neozeelandez Roy Kerr a examinat probabil cel mai realist exemplu de gaură neagră. Obiectele se rotesc mai rapid pe măsură ce se comprimă, cam în aceeași manieră în care patinatorii se rotesc mai repede când își lipesc brațele de corp. În consecință, găurile negre ar trebui să se rotească la niște viteze fantastice.

Kerr a descoperit că o gaură neagră rotitoare nu va colapsa într-o stea punctiformă, așa cum a presupus Schwarzschild, dar se va transforma într-un inel rotitor. Oricine va avea ghinionul să se lovească de inel va pieri, dar cel care va cădea în interiorul inelului nu va muri, ci va cădea prin el. Dar, în loc să ajungă în cealaltă parte a inelului, persoana respectivă va trece prin Puntea Einstein-Rosen și va ajunge într-un alt univers. Cu alte cuvinte, gaura neagră rotitoare este marginea oglinzii fermecate a lui Alice.

Dacă persoana în cauză ar fi să se deplaseze în jurul inelului rotitor a doua oară, ea ar intra într-un alt univers. De fapt, intrarea repetată în inelul rotitor ar pune persoana în universuri paralele diferite, ca și cum ai apăsa butonul de urcare al unui ascensor. În principiu, ar putea

exista un număr infinit de universuri, așezate în stivă unul deasupra celuilalt. „Treceți prin acest inel magic și, cât ai clipi din ochi, ajungi într-un univers complet diferit, în careraza și masa sunt negative!“[74] scria Kerr.

Totuși există un inconvenient important. Găurile negre sunt exemple de „găuri de vierme nereversibile“; cu alte cuvinte, străbaterea orizontului evenimențial se poate face doar într-un singur sens. Odată ce-ai trecut prin orizontul evenimențial și inelul lui Kerr, nu mai poți face cale întoarsă pe drumul pe care ai venit.

Dar în 1988, Kip Thorne și colegii lui de la Cal Tech au găsit un exemplu de gaură de vierme reversibilă, cu alte cuvinte, una care poate fi străbătută în ambele sensuri, după bunul plac. De fapt, pentru una dintre soluții, călătoria printr-o gaură de vierme n-ar fi mai rea decât zborul cu avionul.

În mod normal, gravitația ar zdrobi „gâtul“ găurii de vierme, distrugându-i pe astronauții care încearcă să ajungă în cealaltă parte. Acesta e unul dintre motivele pentru care călătoria la viteze supraluminice printr-o gaură de vierme nu este posibilă. Dar forța repulsivă a energiei negative sau a masei negative ar putea menține deschis gâtul un timp suficient de lung ca să permită astronauților trecerea fără pericole. Cu alte cuvinte, masa sau energia negativă sunt esențiale atât pentru motorul lui Alcubierre, cât și pentru soluția numită gaura de vierme.

În ultimii ani, au fost găsite uluitor de multe soluții exacte la ecuațiile lui Einstein, care permit existența găurilor negre. Dar chiar există aceste găuri de vierme sau sunt doar o născocire a matematicii? Se pot identifica mai mult probleme majore cu care se confruntă găurile de vierme.

Mai întâi, pentru a crea deformările violente ale spațiului și timpului necesare străbaterii unei găuri

74 Kaku, *Parallel Worlds*, p. 121.

de vierme, ar fi nevoie de cantități fantastice de materie pozitivă și negativă, de ordinul de mărime al unei stele uriașe sau al unei găuri negre. Matthew Visser, un fizician de la Universitatea Washington, estimează că, pentru deschiderea unei găuri de vierme cu diametru de un metru, ar fi nevoie de o cantitate de energie negativă comparabilă cu masa planetei Jupiter, cu precizarea că energia va trebui să fie negativă. El spune: „Pentru o astfel de realizare, ar fi nevoie de minus unu ori masa lui Jupiter. Deja simpla manipulare a masei sau energiei jupiteriene pozitive este o idee înspăimântătoare, care ne depășește cu mult posibilitățile în viitorul previzibil".[75]

Kip Thorne de la California Institute of Technology, opinează că „se va demonstra faptul că legile fizicii permit suficientă materie exotică în găurile de vierme de mărime umană pentru a menține deschisă gaura de vierme. Dar la fel de bine se va demonstra că tehnologia necesară pentru realizarea găurilor de vierme și pentru menținerea lor deschisă depășește inimaginabil de mult posibilitățile civilizației umane".[76]

În al doilea rând, nu știm cât de stabile ar fi aceste găuri de vierme. Radiația generată de aceste găuri de vierme ar putea ucide pe oricine intră. Sau poate că găurile de vierme nu ar fi deloc stabile, închizându-se imediat cum intră cineva în ele.

În al treilea rând, fasciculele de lumină care pătrund într-o gaură neagră ar fi deviate spre albastru; cu alte cuvinte, ele ar dobândi o energie tot mai mare pe măsură ce se apropie de orizontul evenimențial. De fapt, la limita orizontului evenimențial, lumina este, tehnic, infinit deviată spre albastru, astfel încât radiația provenită de la această energie incidentă ar putea ucide pe oricine aflat în rachetă.

---

75 Cavelos, p. 145.
76 Hawking, p. 146.

Să discutăm problemele acestea amănunțit. Una dintre probleme o constituie comasarea unei cantități de energie suficiente pentru străpungerea țesăturii spațiului și timpului. Cea mai simplă cale de a realiza acest lucru este comprimarea unui obiect până când devine mai mic decât propriul său „orizont evenimențial". Pentru soare, aceasta ar însemna comprimarea sa până la o sferă cu diametrul de circa 3,5 kilometri, după care ar colapsa într-o gaură neagră. (Gravitația Soarelui este prea slabă pentru a-l comprima în mod natural până la diametrul de 3,5 kilometri, așa încât soarele nostru nu va deveni niciodată o gaură neagră. În principiu, aceasta înseamnă că orice, chiar și dumneavoastră, poate deveni o gaură neagră dacă ar fi suficient de comprimat. Aceasta ar însemna comprimarea tuturor atomilor constituenți ai corpului dumneavoastră până la dimensiuni mai mici decât cele subatomice — o realizare care depășește cu mult posibilitățile științei moderne.)

O abordare mai practică ar fi asamblarea unei baterii de fascicule laser care să trimită un fascicul intens într-un anumit punct. Sau să se construiască un dezintegrator atomic uriaș, care să creeze două fascicule, care apoi s-ar ciocni unul cu celălalt la energii fantastice, suficiente pentru a crea o mică ruptură în țesătura spațiu-timpului.

ENERGIA PLANCK ȘI ACCELERATOARELE DE PARTICULE

Se poate calcula energia necesară pentru a crea o instabilitate în spațiu și timp: este de ordinul de mărime al energiei Planck, sau 10^{19} miliarde de electronvolți. Este

un număr cu adevărat de neimaginat, de un cvadrilion de ori mai mare decât energia care poate fi obținută cu cea mai puternică instalație de astăzi, Marele Accelerator de Hadroni (Large Hadron Collider (LHC)), situat lângă Geneva. LHC este capabil să accelereze protonii într-o „gogoașă" imensă până când ating energii de câteva trilioane de electronvolți, energii nemaiîntâlnite de la Big Bang. Dar nici măcar acest monstru de instalație n-ar reuși să producă o energie măcar apropiată de energia Planck.

Următorul accelerator de particule după LHC va fi Acceleratorul Liniar Internațional (International Linear Collider (ILC)). În loc să devieze traiectoria particulelor subatomice într-un cerc, ILC le va accelera în linie dreaptă. Energia va fi injectată pe măsură ce particulele își continuă deplasarea, până când vor dobândi energii inimaginabile. În continuare, un fascicul de electroni se va ciocni cu antielectroni, creând o uriașă explozie de energie. ILC va avea o lungime de 30 până la 40 de kilometri sau de zece ori lungimea Acceleratorului Liniar de la Stanford, actualmente cel mai mare accelerator liniar. Dacă totul va merge conform planului, ILC este programat să fie gata în cursul deceniului următor.

Energia produsă de ILC va fi de 0,5 până la 1,0 trilioane de electronvolți — mai mică decât cele 14 trilioane de electronvolți ai LHC-ului, dar această valoare este înșelătoare. (În LHC, coliziunile între protoni au loc între cuarcii constituenți care alcătuiesc protonii. Prin urmare, coliziunile în care sunt implicați cuarcii au loc la energii mai mici de 14 trilioane de electronvolți. Iată de ce ILC va produce energii de coliziune mai mari decât cele ale LHC-ului.) De asemenea, dat fiind că electronul nu are niciun constituent cunoscut, dinamica ciocnirilor dintre electroni și antielectroni este mai simplă și mai curată.

Dar, realist vorbind, nici ILC nu este capabil să deschidă o gaură în spațiu-timp. Pentru asta, am avea nevoie de un accelerator mai puternic de un cvadrilion de ori. Pentru civilizația noastră de Tip 0, care folosește plante moarte drept combustibil (de exemplu, petrol și cărbune), această tehnologie depășește cu mult orice am fi noi în stare să realizăm. Dar ar putea deveni posibil pentru o civilizație de Tip III.

Să ne amintim că o civilizație de Tip III, care folosește energia la scară galactică, consumă de 10 miliarde de ori mai multă energie decât o civilizație de Tip II, al cărui consum se bazează pe energia unei singure stele. Iar o civilizație de Tip II consumă la rândul ei de 10 miliarde de ori mai multă energie decât o civilizație de Tip I, al cărei consum se bazează pe energia unei singure planete. În o sută până la două sute de ani, firava noastră societate de Tip 0 va atinge un statut de Tip I.

Dată fiind această proiecție, suntem foarte, foarte departe de nivelul la care am fi capabili să dobândim energia Planck. Mulți fizicieni cred că distanțe extrem de mici, la distanța Planck de 10^{-33} centimetri, spațiul nu este gol sau uniform, ci devine „spumos"; bolborosește de bule minuscule care capătă viață permanent, se ciocnesc cu alte bule și apoi dispar din nou în vid. Aceste bule care pătrund și ies din vid sunt „universuri virtuale", foarte similare cu particulele virtuale ale electronilor și antielectronilor care apar brusc și apoi dispar.

În mod normal, această „spumă" cuantică spațio-temporală este complet invizibilă pentru noi. Aceste bule se formează la distanțe atât de mici, încât nu le putem observa. Dar fizica cuantică sugerează că dacă concentrăm suficientă energie într-un singur punct, până când atingem

energia Planck, aceste bule se pot mări. Apoi am vedea spațiu-timpul bolborosind de aceste bule minuscule, fiecare bulă fiind o gaură de vierme conectată cu un „univers-copil".

În trecut, aceste universuri-copil erau considerate o curiozitate intelectuală, o consecință stranie a matematicii pure. Dar acum, fizicienii se gândesc serios că universul nostru ar fi putut să fi evoluat pornind de la unul dintre aceste universuri-copil.

O astfel de gândire este pur speculativă, dar legile fizicii permit posibilitatea de a deschide o gaură în spațiu prin concentrarea într-un singur punct a unei cantități suficiente de energie, până când accesăm spuma spațio-temporală și apar găurile de vierme care fac legătura între universul nostru și un univers-copil.

Realizarea unei găuri în spațiu ar necesita, desigur, un progres major pentru tehnologia noastră, dar, iarăși, ar fi posibil pentru o civilizație de Tip III. De exemplu, au fost dezvoltări promițătoare ale unei instalații numite „accelerator de birou Wakefield". În mod remarcabil, acest dezintegrator atomic este atât de mic, încât încape pe tăblia unei mese obișnuite, și totuși poate genera energii de miliarde de electronvolți. Acceleratorul de birou Wakefield funcționează prin bombardarea unor particule încărcate electric cu fascicule laser, pentru ca în continuare particulele să-și continue parcursul datorită energiei respectivului laser. Experimentele efectuate la Centrul Acceleratorului Liniar Stanford, Laboratorul Appleton Rutherford, din Anglia, și Ecole Polytechnique, din Paris, arată că accelerații uriașe sunt posibile pe distanțe mici dacă se folosesc fascicule laser și plasmă pentru injectarea energiei.

Și totuși o altă mare descoperire s-a făcut în 2007, când fizicienii și inginerii de la Centrul

Acceleratorului Liniar Stanford, UCLA și USC au demonstrat că se poate dubla energia unui accelerator de particule uriaș pe o distanță de doar un metru. Ei au început cu un fascicul de electroni care sunt lansați de-a lungul tubului lung de aproape 3,5 kilometri de la Stanford, atingând o energie de 42 miliarde de electronvolți. Apoi acești electroni de mare energie au fost trimiși printr-un „turboreactor" care constă dintr-o cameră cu plasmă, lungă doar de 88 centimetri, în care electronii capătă un impuls suplimentar de 42 miliarde de electronvolți, dublându-și energia. (Camera cu plasmă este umplută cu litiu gazos. La trecerea prin gaz, electronii produc o undă de plasmă care crează un siaj. La rândul său, acest siaj curge spre spatele fasciculului de electroni și apoi îl împinge înainte, imprimându-i o accelerare suplimentară). Prin această realizare uluitoare, fizicienii au îmbunătățit, cu un factor de trei mii, recordul anterior pentru cantitatea de energie per metru cu care au accelerat un fascicul de electroni. Adăugând astfel de „turboreactoare" la acceleratoarele existente, în principiu, se poate dubla energia acestora, aproape gratuit.

Astăzi, recordul mondial pentru un accelerator de tip Wakefield este de 200 de miliarde de electronvolți pe metru. Există numeroase probleme legate de extrapolarea acestui rezultat pentru distanțe mai mari (cum ar fi menținerea stabilității fasciculului, în timp ce energia laser este injectată în el). Dar presupunând că am putea să menținem un nivel energetic de 200 de miliarde de electronvolți pe metru, aceasta înseamnă că un accelerator capabil să atingă energia Planck ar trebui să aibă o lungime de 10 ani-lumină. Iar acest lucru se încadrează lejer în posibilitățile unei civilizații de Tip III.

Găurile de vierme și spațiul dilatat s-ar putea să ne ofere cea mai realistă cale de a depăși bariera luminică. Dar nu se cunoaște dacă aceste tehnologii sunt stabile; dacă sunt, tot ar mai fi nevoie de o cantitate fabuloasă de energie, pozitivă sau negativă, pentru a le face să funcționeze.

Probabil că o civilizație avansată de Tip III ar putea să posede deja această tehnologie. S-ar putea să treacă milenii până când să ne gândim măcar la stăpânirea unei energii de o asemenea magnitudine. Dat fiind că legile fundamentale care guvernează țesătura spațiu-timpului la nivel cuantic sunt deocamdată controversate, aș clasifica-o ca imposibilitate de clasa a II-a.

IMPOSIBILITĂȚI DE CLASA A II-A

12. CĂLĂTORIA ÎN TIMP

Dacă ar fi posibilă călătoria în timp, atunci unde sunt turiștii din viitor?

STEPHEN HAWKING

— [Călătoria în timp] e împotriva rațiunii, spuse Filby.
— Cărei rațiuni? spuse Călătorul în Timp.

H.G. WELLS

În romanul *Ecuația lui Ianus*, scriitorul G. Spruill explorează una dintre problemele tulburătoare legate de călătoria în timp.[77] În roman, un matematician strălucit, al cărui țel este să descopere secretul călătoriei în timp, întâlnește o femeie frumoasă și stranie, de care se îndrăgostește, cu toate că nu știe nimic despre trecutul ei. Aflarea adevăratei ei identități începe să-l intrige pe matematician, care descoperă până la urmă că, la un moment dat, ea s-a supus unei operații de chirurgie plastică pentru a-și schimba trăsăturile. Și că a mai făcut și o operație de schimbare de sex. În final, el descoperă că „ea" este, de fapt, un călător în timp venit din viitor și că „ea" este, de fapt, el însuși, dar cel din viitor. Ceea ce înseamnă că făcuse dragoste cu el însuși. Iar cititorul este lăsat să se întrebe ce s-ar fi întâmplat dacă aceștia ar fi avut un copil. Iar dacă acest copil s-ar fi întors în trecut, pentru a deveni matematicianul de la începutul poveștii, atunci este posibil să-ți fii și mamă, și tată, și fiu și fiică?

77 Nahin, p. 322.

MODIFICAREA TRECUTULUI

Timpul este unul dintre marile mistere ale universului. Suntem cu toții purtați de fluviul timpului împotriva voinței noastre. În jurul anului 400 d.Hr., Sfântul Augustin a scris pe larg despre natura paradoxală a timpului. „Cum pot exista trecutul și viitorul, când trecutul nu mai este, iar viitorul nu este încă. Cât despre prezent, dacă ar rămâne mereu prezent și nu ar deveni niciodată trecut, n-ar mai fi timp, ci eternitate".[78] Dacă ducem mai departe logica Sfântului Augustin, vedem că timpul nu este posibil, întrucât trecutul a dispărut, viitorul nu există, iar prezentul nu există decât pentru un moment. (În continuare, Sfântul Augustin a formulat întrebări teologice profunde despre cum trebuie că-L influențează timpul pe Dumnezeu, întrebări care și-au păstrat relevanța chiar și în zilele noastre. Dacă Dumnezeu este omnipotent, scria el, atunci este El încorsetat de trecerea timpului? Cu alte cuvinte, trebuie Dumnezeu, la fel ca și restul muritorilor, să se grăbească pentru a nu întârzia la o întâlnire? În cele din urmă, Sfântul Augustin a conchis că Dumnezeu este omnipotent și, prin urmare, nu poate fi constrâns de timp așa că el va trebui să existe „în afara timpului". Deși ideea de existență în afara timpului pare absurdă, este una dintre ideile care apare în mod recurent în fizica modernă, după cum vom vedea.)

Ca și Sfântul Augustin, noi toți ne-am pus întrebări, la un moment dat, cu privire la natura stranie a timpului și la felul cum acesta diferă de spațiu. Dacă putem să ne deplasăm înainte și înapoi în spațiu, de ce să n-o putem face și în timp? Noi toți ne-am mai întrebat ce ne rezervă

78 Pickover, p. 10.

viitorul, în perioada de după anii pe care-i avem de trăit. Oamenii au o durată de viață finită, dar sunt animați de o curiozitate intensă cu privire la evenimentele care vor avea loc la mult timp după ce vor fi dispărut.

Cu toate că dorința noastră de a călători în timp este probabil la fel de veche ca și omenirea, se pare că prima poveste având ca subiect călătoria în timp este *Amintiri din secolul XX*, scrisă, în 1733, de Samuel Madden, despre un înger din anul 1997 care călătorește peste 250 de ani în trecut ca să-i înmâneze unui ambasador britanic niște documente care descriu lumea viitorului.

Vor mai fi multe asemenea istorisiri. Povestirea din 1838: „Să pierzi diligența: un anacronism", având un autor anonim, descrie o persoană care așteaptă diligența și care, dintr-odată, se pomenește transportată cu o mie de ani în trecut. Persoana întâlnește un călugăr de la o mănăstire străveche și încearcă să-i explice cum va evolua istoria în următoarea mie de ani. După aceea, se pomenește transportat, la fel de misterios, înapoi în prezent, atât doar că între timp a pierdut diligența.

Chiar și romanul lui Charles Dickens din 1843, *Poveste de Crăciun*, are ca subiect călătoria în timp, dat fiind că Ebenezer Scrooge este dus în trecut și în viitor ca să vadă cum era lumea înainte de momentul actual și cum va fi după moartea lui.

În literatura americană, călătoria în timp apare pentru prima oară în romanul lui Mark Twain din 1889, *Un yankeu la curtea regelui Arthur*. Un yankeu din secolul al XIX-lea este aruncat înapoi în timp și ajunge la curtea regelui Arthur, în anul 528. Este luat prizonier și este pe punctul de a fi ars pe rug, moment în care declară că are puterea de a stinge soarele, știind că exact în acea zi urma să aibă

loc o eclipsă. Când eclipsa se produce, gloata este îngrozită și acceptă să-l elibereze și să-i ofere anumite privilegii în schimbul aducerii înapoi a Soarelui.

Dar prima încercare serioasă de a explora călătoria în timp, în ficțiune, a fost romanul clasic *Mașina timpului* de H. G. Wells, al cărui erou este trimis în viitor, la o distanță de câteva sute de mii de ani. În acel viitor îndepărtat, omenirea însăși se divizase genetic în două rase, înspăimântătorii moorloci, care întrețineau mașinăriile subterane murdare și copilăroșii, dar inutilii, eloi, care dansau în lumina soarelui în lumea de la suprafață, fără să-și dea seama nicio clipă de soarta lor teribilă (să fie mâncați de moorloci).

De atunci, călătoria în timp a devenit un element frecvent în science-fiction, de la *Star Trek* la *Înapoi în viitor*. În *Superman I*, când Superman află că Lois Lane a murit, cuprins de disperare, decide să dea înapoi timpul, propulsându-se în jurul Pământului, cu o viteză mai mare decât cea a luminii, până când timpul ajunge să se scurgă în sens invers. Pământul își încetinește rotația, se oprește și, în cele din urmă, ajunge să se rotească în sens invers, până când toate ceasurile de pe Pământ încep să „bată" înapoi. Puhoaiele de la inundații revin la matcă, digurile sparte se repară în mod miraculos, iar Lois Lane învie din morți.

Din perspectiva științei, călătoria în timp era imposibilă în universul lui Newton, în care timpul era văzut ca o săgeată. Odată declanșat, el nu putea să se abată niciodată de la trecutul său. O secundă pe Pământ era o secundă în întreg universul. Această concepție a fost contrazisă de către Einstein, care a demonstrat că timpul seamnă mai degrabă cu un râu care șerpuiește prin univers, accelerând și încetinind pe măsură ce se strecoară printre

stele și galaxii. Astfel încât o secundă pe Pământ nu este absolută; timpul variază când ne deplasăm prin univers.

Așa cum am discutat mai devreme, în conformitate cu teoria relativității restrânse, timpul își încetinește curgerea înăuntrul unei rachete, cu atât mai mult cu cât aceasta se deplasează mai rapid. Scriitorii de science-fiction au speculat că, dacă am putea depăși bariera luminii, am putea să ne întoarcem în timp. Numai că acest lucru nu e posibil deoarece, ca să atingem viteza luminii, ar trebui să avem masă infinită. Viteza luminii este bariera supremă pentru orice rachetă. Echipajul navei spațiale *Enterprise* din *Star Trek IV: Drumul spre casă* a deturnat o astronavă klingoniană și a folosit-o ca să se propulseze cu ajutorul gravitației solare, reușind astfel să depășească viteza luminii ca să aterizeze în San Francisco, în anii șaizeci ai secolului al XX-lea. Dar asta sfidează legile fizicii.

Cu toate acestea, călătoria temporală în viitor este posibilă și a fost verificată experimental de milioane de ori. Călătoria eroului din *Mașina timpului* în viitorul îndepărtat este cu adevărat posibilă, din punct de vedere fizic. Dacă un astronaut s-ar deplasa cu o viteză apropiată de cea a luminii, ca să ajungă la cea mai apropiată stea, ar avea nevoie de, să zicem, un minut. Pe Pământ vor fi trecut patru ani, dar pentru el va fi trecut doar un minut, pentru că în interiorul rachetei timpul și-a încetinit scurgerea. Prin urmare, astronautul ar fi călătorit patru ani în viitor, așa cum sunt aceștia percepuți aici, pe Pământ. (De fapt, astronauții noștri fac câte o călătorie scurtă în viitor ori de câte ori ies în spațiul cosmic. Când se deplasează cu 29 000 de kilometri la oră deasupra Pământului, ceasurile lor bat ceva mai rar decât ceasurile de pe Pământ. Prin urmare, după un interval de un an petrecut pe nava spațială, ei

vor fi călătorit, de fapt, o fracțiune de secundă în viitor, în momentul când vor fi aterizat din nou pe Pământ. Recordul mondial pentru călătoria în viitor este în prezent deținut de cosmonautul rus Serghei Avdeiev, care a rămas pe orbită timp de 748 de zile și, în consecință, a fost „aruncat" 0.02 secunde în viitor.)

Așadar, o mașină a timpului care să ne poarte în viitor este în concordanță cu teoria relativității restrânse a lui Einstein. Dar ce putem spune despre deplasarea înapoi în timp?

Dacă am putea să călătorim în trecut, istoria ar fi imposibil de scris. Imediat ce un istoric ar consemna istoria trecutului, cineva ar putea să se întoarcă în trecut și să o rescrie. Pe lângă faptul că i-ar lăsa pe istorici fără obiectul muncii, astfel de mașini ale timpului ne-ar permite să modificăm cursul timpului după bunul plac. Dacă, de exemplu, ar fi să ne întoarcem în epoca dinozaurilor și am călca din greșeală pe un mamifer care se întâmplă să fie strămoșul nostru, probabil că am distruge, din greșeală, întreaga specie umană. Istoria ar deveni un nesfârșit episod absurd din Monty Python, cu turiști din viitor călcând în picioare evenimentele istorice, în vreme ce încearcă să prindă cel mai prielnic unghi pentru aparatul foto.

CĂLĂTORIA ÎN TIMP: TERENUL DE JOACĂ AL FIZICIENILOR

Probabil că omul care s-a distins cel mai mult în domeniul dificilelor ecuații matematice ale găurilor negre și în ceea ce privește mașinile timpului este cosmologul Stephen Hawking. Spre deosebire de alți discipoli ai

relativității, care se disting adesea încă de la o vârstă timpurie în domeniul fizicii matematice, Hawking nu a fost, de fapt, un student eminent în tinerețe. Era evident extrem de inteligent, dar profesorii lui observau adesea că nu era concentrat asupra studiilor și niciodată nu se ridica la înălțimea deplină a potențialului său. Dar iată că, în 1962, a survenit un moment de cotitură, după ce a absolvit la Oxford, când a început pentru prima oară să observe simptomele SLA (scleroza laterală amiotrofică sau boala lui Lou Gehrig). Vestea că suferă de această boală neuronală incurabilă, care îi va anula toate funcțiile motoare și, foarte probabil, îi va aduce moartea în scurt timp, l-a zguduit. La început, vestea l-a afectat profund. Ce rost mai avea să-și ia doctoratul dacă tot avea să moară curând?

Dar după ce a depășit șocul inițial, a devenit concentrat pentru prima oară în viața lui. Înțelegând că nu mai are mult de trăit, a început să sondeze cu ferocitate câteva dintre cele mai dificile probleme din relativitatea generală. La începutul anilor șaptezeci ai secolului XX, el a publicat o serie de articole fundamentale, în care se demonstrează că „singularitățile“ din teoria lui Einstein (situațiile în care câmpul gravitațional devine infinit, cum ar fi în centrul găurilor negre și în momentul Big Bangului) erau o caracteristică esențială a relativității și nu puteau fi ușor trecute cu vederea (așa cum credea Einstein). În 1974, Hawking a mai demonstrat că găurile negre nu sunt întru totul negre, ci emit treptat radiație, cunoscută acum ca radiația lui Hawking, deoarece radiația poate străpunge, prin efect de tunel, câmpul gravitațional chiar și al unei găuri negre. Acest articol a constituit prima aplicație importantă a teoriei cuantice la teoria relativității și reprezintă opera sa cea mai cunoscută.

Conform previziunilor, SLA a provocat treptat o paralizie a mâinilor, a picioarelor, ba chiar și a corzilor sale vocale, dar mult mai lent decât preziseseră inițial doctorii. În consecință, el a trecut cu bine de obișnuitele pietre de hotar din viața oamenilor normali, fiind tatăl a trei copii (acum este bunic), divorțând de prima soție în 1991, pentru a se căsători, patru ani mai târziu, cu soția omului care i-a creat sintetizatorul vocal, și intentând acțiune de divorț față de a doua soție în 2006. În 2008, a ajuns pe prima pagină a ziarelor când s-a urcat la bordul unui avion cu reacție, care l-a adus în stare de imponderabilitate, împlinindu-i visul de o viață. Următorul său țel este să ajungă în spațiul cosmic.

Astăzi, este aproape complet paralizat în scaunul său cu rotile, comunicând cu lumea din jur prin mișcări ale ochilor. Și totuși în pofida aceste dizabilități copleșitoare, continuă să spună glume, să scrie articole, să susțină conferințe și să se angajeze în controverse. Este mai productiv prin mișcările ochilor decât sunt echipe de oameni de știință care dețin controlul deplin asupra corpurilor lor. (Colegul său de la Universitatea Cambridge, Sir Martin Rees, care a fost numit Astronom Regal de către regină, mi-a spus la un moment dat că dizabilitatea lui Hawking îl împiedică să efectueze calculele plictisitoare, necesare pentru menținerea în vârful piramidei din branșa fizicienilor teoreticieni. Așa încât, în schimb, el se concentrează asupra generării de idei noi și proaspete, decât să-și obosească mintea cu acele calcule dificile, care pot fi efectuate de către studenții săi.)

În 1990, Hawking a citit articole ale colegilor săi, care propuneau versiuni proprii ale mașinii timpului, față de care s-a arătat imediat sceptic. Intuiția îi spunea că o astfel de călătorie în timp este imposibilă, deoarece nu există turiști

din viitor. Dacă o călătorie în timp ar fi ceva la fel de banal ca un picnic duminica în parc, atunci călătorii temporali veniți din viitor ar trebui să ne sâcâie întruna cu aparatele lor de fotografiat, cerându-ne să pozăm pentru albumele lor de amintiri.

În același timp, Hawking a mai formulat o provocare pentru lumea fizicii. Astfel, el a proclamat că ar trebui să existe o lege care să facă imposibilă călătoria în timp. El a propus o „Supoziție de protejare a cronologiei", prin care călătoria în timp să fie interzisă, în scopul de „a face istoria sigură pentru istorici".

Cu toate acestea, lucrul cel mai jenant a fost că, indiferent cât de mult s-au străduit fizicienii, nu au găsit o lege care să împiedice călătoria în timp. După toate aparențele, călătoria în timp este în concordanță cu legile cunoscute ale fizicii. Nereușind să găsească vreo lege a fizicii care să facă imposibilă călătoria în timp, de curând, Hawking s-a răzgândit. Astfel, ziarele londoneze au publicat pe prima pagină declarația sa conform căreia: „Călătoria în timp ar putea fi posibilă, dar este nepractică".

Considerat cândva a fi un domeniu de frontieră al științei, călătoria în timp a devenit dintr-odată un teren de joacă pentru fizicienii teoreticieni. Fizicianul Kip Thorne de la Cal Tech scrie: „Călătoria în timp a fost cândva doar domeniul scriitorilor de science-fiction. Oamenii de știință serioși s-au ferit de ea ca de ciumă, chiar când au scris ficțiune sub pseudonim sau au citit astfel de literatură în intimitate. Cum s-au schimbat vremurile! Acum poți găsi analize pline de erudiție ale călătoriei în timp în reviste științifice serioase, scrise de către fizicieni teoreticieni eminenți... Cum s-a produs aceasta schimbare? Pentru că noi, fizicienii, ne-am dat seama că natura timpului este o

problemă prea importantă ca să fie lăsată doar pe mâinile scriitorilor de science-fiction".[79]

Motivul pentru toată această confuzie și tot acest entuziasm este dat de faptul că ecuațiile lui Einstein permit multe tipuri de mașini ale timpului. (Totuși rămâne de văzut dacă acestea vor supraviețui provocărilor venite din partea teoriei cuantice.) În teoria lui Einstein, de fapt, întâlnim adesea ceva denumit „curbe cvasi-temporale închise", acesta fiind termenul tehnic pentru căile care permit călătoriile temporale în trecut. Dacă am urma calea unei curbe cvasitemporale închise, am pornit într-o călătorie și ne-am întoarce înainte de a pleca.

Prima mașină a timpului implică o gaură de vierme. Există multe soluții la ecuațiile lui Einstein care leagă două puncte îndepărtate din spațiu. Dar dat fiind că spațiul și timpul sunt intim interconectate în teoria lui Einstein, aceeași gaură de vierme poate să lege totodată și două puncte din timp. Coborând printr-o gaură de vierme, am putea călători (cel puțin din punct de vedere matematic) în trecut. Se poate presupune că am putea apoi călători până la punctul de pornire inițial, ca să ne întâlnim cu noi înșine înainte de a fi plecat. Dar, după cum am menționat în capitolul anterior, traversarea unei găuri de vierme în centrul unei găuri negre este o călătorie cu sens unic. Așa cum spunea fizicianul Richard Gott: „Nu cred că se pune problema dacă o persoană ar putea călători înapoi în timp aflându-se într-o gaură neagră. Întrebarea e dacă va putea vreodată să iasă de-acolo ca să se laude cu asta".[80]

O altă mașină a timpului implică un univers rotitor. În 1949, matematicianul Kurt Gödel a găsit prima soluție la ecuațiile lui Einstein referitoare la călătoria în timp. Dacă universul se rotește, atunci, dacă ai călători în

79 Nahin, p. ix.
80 Pickover, p.130.

jurul universului îndeajuns de rapid, te-ai putea afla în trecut și să sosești înainte de a pleca. Prin urmare, o călătorie în jurul universului este în același timp o călătorie în trecut. Când astronomii veneau în vizită la Institutul pentru Studii Avansate, Gödel obișnuia să-i întrebe dacă au găsit vreodată dovada că universul s-ar roti. Era dezamăgit când aceștia îi spuneau că există dovezi clare că universul se află în expansiune, dar că rotația netă a universului este probabil zero. (Altfel, călătoria în timp ar putea deveni ceva banal, iar istoria, așa cum o cunoaștem, s-ar prăbuși.)

În al treilea rând, dacă ne-am deplasa în jurul unui cilindru infinit de lung, aflat în mișcare de rotație, s-ar putea, de asemenea, să ajungem înainte de a pleca. (Această soluție a fost găsită de W.J. van Stockum în 1936, înainte de soluția descoperită de Gödel, dar se pare că Stockum nu și-a dat seama că soluția lui permitea călătoria în timp.) În acest caz, dacă ai dansa în jurul unui stâlp înalt, pe 1 mai, s-ar putea să te pomenești ajuns în luna aprilie. (Problema cu acest concept este totuși faptul că respectivul cilindru trebuie să aibă lungime infinită și să se rotească atât de rapid, încât majoritatea materialelor s-ar dezintegra.)

Cel mai recent exemplu de călătorie în timp a fost descoperit de Richard Gott, de la Princeton, în 1991. Soluția lui se bazează pe găsirea unor stringuri cosmice gigantice (care ar putea fi rămășițe de la Big Bangul inițial). El a presupus că două stringuri cosmice de mari dimensiuni sunt pe cale să se ciocnească. Dacă te deplasezi rapid în jurul acestor stringuri cosmice în coliziune, ai putea să călătorești înapoi în timp. Avantajul acestui tip de mașină a timpului este faptul că nu ar fi nevoie de cilindri rotitori de lungime infinită, de universuri rotitoare sau de găuri negre. (Totuși problema acestui concept este că trebuie să găsești

stringuri cosmice uriașe plutind în spațiu și apoi să le faci să se ciocnească într-o manieră precisă. Iar posibilitatea de a călători înapoi în timp ar dura doar o perioadă foarte scurtă.) Gott spune: „O buclă de string, îndeajuns de mare ca să-ți permită să o parcurgi o dată și să te întorci în timp un an, ar trebui să aibă mai mult decât jumătate din masa-energia unei întregi galaxii".[81]

Dar cel mai promițător proiect de mașină a timpului este „gaura de vierme traversabilă", menționată în ultimul capitol, o gaură în spațiu-timp în care o persoană ar putea să pășească liber înainte și înapoi în timp. Pe hârtie, găurile de vierme traversabile pot înlesni nu numai călătoriile cu viteze superluminice, dar și călătoriile în timp. Cheia pentru aceste găuri de vierme este energia negativă.

O mașină a timpului bazată pe o gaură de vierme traversabilă ar consta din două camere. Fiecare cameră ar consta din două sfere concentrice, care ar fi separate de o distanță infimă. Provocând o implozie a sferei exterioare, cele două sfere ar crea un efect Casimir și, în consecință, energie negativă. Presupunem că o civilizație de Tip III este capabilă să conecteze cele două camere printr-o gaură de vierme (posibil, extrăgând una din spuma spațio-temporală). În continuare, se ia prima cameră și se trimite în spațiu la viteze apropiate de viteza luminii. Timpul încetinește în acea cameră, astfel încât cele două ceasuri nu mai sunt sincronizate. Timpul se scurge cu viteze diferite în cele două camere, care sunt conectate printr-o gaură de vierme.

Dacă ne aflăm în cea de-a doua cameră, putem să trecem instantaneu prin gaura de vierme în prima cameră, care există la un moment de timp anterior. Astfel ne-am deplasat înapoi în timp.

---

81 Kaku, *Parallel Worlds*, p. 142.

Problemele cu care se confruntă acest proiect sunt formidabile. Gaura de vierme poate fi foarte mică, mult mai mică decât un atom. Iar plăcile s-ar putea să fie nevoie să fie comprimate până la distanțe de ordinul lungimilor Planck[82], pentru a se crea suficientă energie negativă. În sfârșit, am putea fi capabili să ne întoarcem în timp doar până la punctul în care au fost construite mașinile timpului. Înainte de acest moment, timpul din cele două camere s-ar scurge cu aceeași viteză.

PARADOXURI ȘI ENIGME TEMPORALE

Călătoria în timp ridică tot soiul de probleme, atât tehnice, cât și sociale. Aspectele morale, juridice și etice sunt formulate de către Larry Dwyer, care comentează: „Un călător în timp care-i trage un pumn eului său mai tânăr (sau viceversa) trebuie acuzat de agresiune? Călătorul în timp care omoară pe cineva și pe urmă evadează în trecut ca să se ascundă trebuie judecat în trecut pentru crimele pe care le-a comis în viitor? Dacă se căsătorește în trecut, poate fi judecat pentru bigamie, deși cealaltă soție a sa se va fi născut abia peste aproape cinci mii de ani?“[83]

Dar probabil că problema cea mai spinoasă o constituie paradoxurile logice pe care le generează călătoria în timp. De exemplu, ce se întâmplă dacă-i ucidem pe părinții noștri înainte ca noi să ne fi născut? Aceasta este o imposibilitate logică. Uneori e denumită „paradoxul bunicului“.

Sunt trei căi de rezolvare a acestor paradoxuri. Mai întâi, poate că nu faci decât să repeți istoria trecutului atunci când te întorci în timp, îndeplinind prin urmare

82 Lungimea Planck este o unitate de lungime egală cu aproximativ $1{,}6 \times 10^{-35}$ metri sau cu circa 10^{-20} din diametrul unui proton (*N. t.*).
83 Nahin, p. 248.

trecutul. În acest caz, nu beneficiezi de liberul-arbitru. Ești forțat să îndeplinești trecutul, așa cum a fost scris. Astfel, dacă te întorci în trecut ca să dezvălui secretul călătoriei în timp eului tău mai tânăr, atunci așa trebuia să se întâmple. Secretul călătoriei în timp a venit din viitor. Așa a fost destinul. (Dar aceasta nu ne spune de unde a venit ideea inițială.)

Pentru a doua cale, ai liber-arbitru, deci poți să schimbi trecutul, dar în anumite limite. Liberului tău arbitru nu-i este îngăduit să creeze un paradox temporal. Ori de câte ori încerci să-ți ucizi părinții înainte să te fi născut, o forță misterioase te împiedică să apeși pe trăgaci. Această poziție a fost susținută de către fizicianul rus Igor Novikov. (El afirmă că există o lege care ne împiedică să mergem pe tavan, chiar dacă ne-am putea dori să facem una ca asta. De aici ideea că ar putea exista o lege care să ne împiedice să ne ucidem părinții înainte să ne fi născut. O lege ciudată ne împiedică să apăsăm pe trăgaci.)

În a treia variantă, universul se divizează în două universuri. Pe un palier temporal, oamenii pe care i-ai ucis arată ca părinții tăi, dar sunt diferiți, pentru că acum te afli într-un univers paralel. Această din urmă posibilitate pare să fie cea aflată în concordanță cu teoria cuantică, după cum voi explica mai jos, când voi vorbi de multivers.

A doua posibilitate este explorată în filmul *Terminator 3*, în care Arnold Schwarzenegger joacă rolul unui robot din viitor, un viitor în care mașinăriile criminale au preluat puterea. Cei câțiva oameni rămași, vânați ca niște animale de către aceste mașini, sunt conduși de un mare lider pe care mașinile au fost incapabile să-l ucidă. Frustrate, mașinile trimit mai mulți roboți ucigași înapoi în trecut, înainte ca marele lider să se fi născut, ca să-i omoare mama.

Dar după o bătălie de proporții epice, civilizația umană este în cele din urmă distrusă în finalul filmului, așa cum era hărăzit să se întâmple.

Înapoi în viitor explorează cea de-a treia posibilitate. Dr. Brown inventează o mașină DeLorean propulsată cu plutoniu, de fapt, o mașină a timpului destinată călătoriilor în trecut. Michael J. Fox (Marty McFly) intră în mașină, se întoarce în trecut și o cunoaște pe mama sa adolescentă, care se îndrăgostește de el. Aceasta generează o problemă incomodă. Dacă mama lui Marty McFly îl va respinge pe tatăl lui viitor, atunci aceștia nu se vor căsători niciodată, iar personajul lui Michael J. Fox nu se va mai naște.

Problema este lămurită întru câtva de către Doc Brown. El se duce la tablă și trasează o linie orizontală, reprezentând axa timpului pentru universul nostru. Apoi trasează o a doua linie, care se ramifică din prima, reprezentând un univers paralel care se deschide atunci când modifici trecutul. Astfel, ori de câte ori ne întoarcem în fluviul timpului, acesta se ramifică în două fluvii, iar axa temporală unică se ramifică în două axe temporale sau ceea ce se cheamă abordarea „lumilor multiple", pe care o vom discuta în capitolul următor.

Ideea „lumilor multiple" rezolvă cel puțin o problemă importantă a călătoriei în timp. Pentru un fizician, principala critică adusă călătoriei în timp (pe lângă găsirea energiei negative) este faptul că efectele radiației se vor acumula până când ori ești ucis în momentul în care intri în mașină, ori gaura de vierme se prăbușește asupra ta. Efectele radiației se acumulează, deoarece orice radiație care intră în acest portal temporal va fi trimisă înapoi în trecut, unde, în cele din urmă, va rătăci prin univers până când ajunge în

ziua de azi, după care va cădea din nou în gaura de vierme. Dat fiind că radiația poate intra în gura găurii de vierme de un număr infinit de ori, radiația dinăuntrul găurii de vierme poate deveni incredibil de puternică — îndeajuns de puternică pentru a te ucide. Dar interpretarea „lumilor multiple" rezolvă această problemă. Dacă radiația pătrunde în mașina timpului și este trimisă în trecut, ea va pătrunde apoi într-un nou univers; nu poate să reintre în mașina timpului iarăși și iarăși. Aceasta înseamnă, pur și simplu, că există un număr infinit de universuri, câte unul pentru fiecare ciclu, și fiecare ciclu conține doar un foton de radiație, nu o cantitate infinită de radiațe.

În 1997, controversa a fost clarificată puțin atunci când trei fizicieni au demonstrat, în sfârșit, că programul lui Hawking de a interzice călătoria în timp este inerent defectuos. Bernard Kay, Marek Radzikowski și Robert Wald au demonstrat că orice călătorie în timp este în concordanță cu toate legile cunoscute ale fizicii, exceptând un singur loc. Când călătorești în timp, toate problemele potențiale sunt concentrate la orizontul evenimențial (situat aproape de intrarea în gaura de vierme). Dar orizontul este exact locul în care ne așteptăm ca teoria lui Einstein să cedeze și ca efectele cuantice să preia controlul. Problema e că, ori de câte ori încercăm să calculăm efectele radiației din momentul intrării în mașina timpului, trebuie să folosim o teorie care să combine teoria relativității generale a lui Einstein cu teoria cuantică a radiației. Numai că, ori de câte ori încercăm în mod naiv să unim aceste două teorii, teoria rezultantă nu are niciun sens, pentru că generează un șir infinit de răspunsuri care nu au nicio noimă.

Acesta e locul în care intervine teoria tuturor lucrurilor. Toate problemele deplasării printr-o gaură neagră

care i-au bulversat pe fizicieni (de exemplu, stabilitatea găurii de vierme, radiația care ne-ar putea ucide, închiderea găurii după ce vom fi pătruns în ea) sunt concentrate la orizontul evenimențial, exact în locul în care teoria lui Einstein nu mai are sens.

Astfel, ca să putem înțelege călătoria în timp este esențial să înțelegem fizica orizontului evenimențial, și numai o teorie a tuturor lucrurilor poate explica acest fapt. Acesta este motivul pentru care majoritatea fizicienilor de astăzi vor fi de acord că o modalitate de a rezolva definitiv problema călătoriei în timp este să concepem o teorie completă a gravitației și a spațiu-timpului.

O teorie a tuturor lucrurilor ar unifica cele patru forțe ale universului și ne-ar permite să calculăm ce s-ar întâmpla când vom intra într-o mașină a timpului. Doar o teorie a tuturor lucrurilor ar putea calcula cu succes toate efectele de radiație create de o gaură de vierme și ar da un răspuns definitiv la întrebarea cât de stabilă va fi gaura de vierme când vom pătrunde în mașina timpului. Și chiar și atunci, am putea fi nevoiți să așteptăm câteva secole sau chiar și mai mult pentru a construi efectiv o mașină care să testeze aceste teorii.

Dat fiind că legile călătoriei în timp sunt atât de strâns legate de fizica găurilor de vierme, călătoria în timp pare să se încadreze ca imposibilitate de clasa a II-a.

IMPOSIBILITĂȚI DE CLASA A II-A

13. UNIVERSURILE PARALELE

— Dar chiar vorbiți serios, sir, spuse Peter, că ar putea exista alte lumi — în tot locul, chiar și aici, după colț — uite-așa?
— Nimic nu e mai probabil, spuse profesorul... în vreme ce mormăia în barbă: „Mă întreb ce-i învață la școlile astea".

C. S. LEWIS, LEUL, VRĂJITOAREA ȘI DULAPUL

ascultați: la ușa vecină e un univers al naibii de bun; să mergem

E. E. CUMMINGS

Sunt oare cu adevărat posibile universurile alternative? Pentru scenariștii de la Hollywood, acestea sunt una din „jucăriile" preferate, ca în episodul din *Star Trek* intitulat „Oglindă, oglinjoară". Căpitanul Kirk este transportat din greșeală într-un bizar univers paralel, în care Federația Planetelor este un imperiu al răului menținut laolaltă de cuceriri brutale, lăcomie și jaf. În acel univers, Spock poartă o barbă amenințătoare, iar căpitanul Kirk este liderul unei bande de pirați lacomi, care avansează transformându-și rivalii în sclavi și asasinându-și superiorii.

Universurile alternative ne permit să explorăm lumea lui „ce-ar fi dacă", împreună cu posibilitățile delicioase și incitante ale acesteia. De exemplu, în benzile desenate *Superman* au fost câteva universuri alternative în care planeta de origine a lui Superman, Krypton, n-a explodat de fapt, sau în care Superman își dezvăluie, în sfârșit, adevărata identitate ca fiind persoana cu purtări blânde Clark Kent, sau în care se căsătorește cu Lois Lane și are niște supercopii. Dar sunt

universurile paralele doar de domeniul reluărilor din *Zona crepusculară* sau chiar au un fundament în fizica modernă?

De-a lungul istoriei, mergând până la aproape toate societățile antice, oamenii au crezut în alte planuri ale existenței, sălașuri ale zeilor sau ale spiritelor. Creștinii cred în rai, iad și purgatoriu. Budiștii au Nirvana și diferitele stări ale conștiinței. Iar hindușii au mii de planuri ale existenței.

Teologii creștini, nereușind să explice unde s-ar putea situa raiul, au speculat adesea că Dumnezeu se află într-un plan dimensional superior. Surprinzător, dacă dimensiunile superioare ar exista într-adevăr, multe dintre proprietățile atribuite zeilor ar putea deveni posibile. O ființă aflată într-o dimensiune superioară ar putea fi capabilă să dispară și să reapară după bunul plac sau să treacă prin ziduri — puteri atribuite de obicei zeităților.

De curând, ideea universurilor paralele a devenit unul dintre cele mai controversate subiecte din fizica teoretică. De fapt, există câteva tipuri de universuri paralele care ne obligă să reconsiderăm ceea ce înțelegem prin „real". Miza acestor controverse despre diferitele universuri paralele nu e alta decât înțelesul realității însăși.

Există cel puțin trei tipuri de universuri paralele care sunt intens discutate în literatura științifică:

a. hiperspațiul sau dimensiunile superioare,
b. multiversul și
c. universurile paralele cuantice

HIPERSPAȚIUL

Universul paralel care a fost subiectul celei mai îndelungate controverse istorice este cel al dimensiunilor

superioare. Faptul că trăim în trei dimensiuni (lungime, lățime și înălțime) este ceva ce ține de bunul simț. Indiferent cum deplasăm un obiect în spațiu, toate pozițiile pot fi descrise prin aceste trei coordonate. De fapt, cu aceste trei numere putem localiza orice obiect din univers, de la vârful nasului nostru până la cea mai îndepărtată dintre galaxii.

O a patra dimensiune spațială pare să încalce bunul-simț. Dacă fumul, de exemplu, este lăsat să umple o încăpere, nu vedem fumul dispărând într-o altă dimensiune. Nicăieri în universul nostru nu vedem obiecte care să dispară subit sau să plutească într-un alt univers. Aceasta înseamnă că orice dimensiune superioară, dacă există, trebuie să fie mai mică decât un atom.

Trei dimensiuni spațiale formează fundamentul geometriei euclidiene. De exemplu, Aristotel, în eseul său „Despre cer" a scris: „Linia are mărime într-o direcție, planul, în două direcții, iar corpurile solide, în trei direcții, iar dincolo de acestea nu există nicio altă mărime pentru că acestea trei sunt totul". În anul 150 d. Hr., Ptolemeu din Alexandria a oferit prima „dovadă" că dimensiunile superioare sunt „imposibile". În eseul său „Despre distanță", el a făcut următorul raționament. Să trasăm trei linii care sunt reciproc perpendiculare (asemenea celor trei linii care formează colțul unei încăperi). E limpede, a spus el, că o a patra linie perpendiculară pe celelalte trei nu poate fi desenată, prin urmare a patra dimensiune trebuie să fie imposibilă. (De fapt, el a demonstrat doar că mintea noastră este incapabilă să vizualizeze cea de-a patra dimensiune. Calculatorul de pe biroul dumneavoastră face tot timpul calcule în hiperspațiu.)

Timp de două mii de ani, orice matematician care a îndrăznit să vorbească despre cea de-a patra

dimensiune risca să se expună ridiculizării. În 1685, matematicianul John Wallis a polemizat împotriva celei de-a patra dimensiuni, numind-o: „Un monstru al naturii, mai puțin posibil decât Himera sau Centaurii". În secolul al XIX-lea, Karl Gauss, „prințul matematicienilor", a pus la punct o bună parte din aparatul matematic aferent celei de-a patra dimensiuni, dar s-a temut să îl facă public din pricina consecințelor negative pe care le-ar fi provocat. Dar, în particular, Gauss a efectuat experimente ca să testeze dacă, într-adevăr, geometria tridimensională euclidiană poate să descrie universul. Într-un astfel de experiment, el și-a așezat asistenții pe trei vârfuri de munte. Fiecare avea câte o lanternă, formând prin urmare un triunghi uriaș. Gauss a măsurat apoi unghiurile fiecărui colț al triunghiului. Spre dezamăgirea sa, el a constatat că suma unghiurilor interioare era de 180 de grade. Atunci, el a tras concluzia că, dacă există abateri de la geometria euclidiană clasică, acestea trebuie să fie atât de mici, încât nu pot fi detectate cu ajutorul lanternelor sale.

Gauss a lăsat în seama elevului său, Georg Bernhard Riemann, să scrie matematicile fundamentale ale dimensiunilor superioare (care au fost apoi importate en-gross peste câteva decenii în teoria relativității generale a lui Einstein). Printr-o mișcare de forță, într-o celebră conferință pe care a susținut-o în 1854, Riemann a răsturnat două mii de ani de dominație absolută a geometriei euclidiene și a stabilit fundamentele matematice ale unor dimensiuni superioare, curbate, pe care le folosim chiar și în zilele noastre.

După ce remarcabila descoperire a lui Riemann a fost popularizată în Europa spre sfârșitul secolului al XIX-lea, cea de-a patra dimensiune a devenit o adevărată

senzație printre artiști, muzicieni, scriitori, filosofi și pictori. De fapt, cubismul lui Picasso a fost parțial inspirat de a patra dimensiune, conform istoricului de artă Linda Dalrymple Henderson. (Picturile în care Picasso înfățișează femei cu ochii îndreptați înainte și nasul într-o parte erau o încercare de a vizualiza o perspectivă cvadridimensională, pentru că, dacă am privi din cea de-a patra dimensiune, am putea vedea fața femeii, nasul și ceafa acesteia instantaneu.) Henderson scrie: „Asemenea unei găuri negre, «a patra dimensiune» poseda calități misterioase care nu puteau fi pe deplin înțelese, nici măcar de către oamenii de știință. Și totuși impactul celei de «a patra dimensiuni» a fost cu mult mai cuprinzător decât cel al găurilor negre sau al oricărei alte ipoteze științifice mai recente, exceptând Teoria Relativității după 1919".[84]

Și alți pictori s-au inspirat din cea de-a patra dimensiune. În lucrarea *Christus Hypercubius* a lui Salvador Dali, Iisus este răstignit în fața unei cruci tridimensionale stranii, plutitoare, care este de fapt un „teseract", un cub cvadridimensional desfăcut. În celebra sa *Persistență a memoriei*, el a încercat să reprezinte timpul drept cea de-a patra dimensiune și de aici a rezultat metafora ceasurilor care se topesc. Lucrarea lui Marcel Duchamps *Nud coborând o scară* a fost o tentativă de a reprezenta timpul ca a patra dimensiune, surprinzând mișcarea „cu încetinitorul" a unui nud care coboară niște trepte. A patra dimensiune apare chiar și într-o povestire de Oscar Wilde, Fantoma *din* Canterville, în care o fantomă care bântuie o casă trăiește în a patra dimensiune.

A patra dimensiune apare și în câteva dintre operele lui H.G. Wells, printre care *Omul invizibil, The Plattner Story* și *Vizita minunată*. (În ultima dintre ele, care de atunci

84 Kaku, *Hyperspace*, p. 22.

a constituit sursa de inspirație pentru zeci de pelicule hollywoodiene și romane de science-fiction, universul nostru se ciocnește cumva cu un univers paralel. Un biet înger dintr-un alt univers cade în universul nostru după ce a fost împușcat accidental de către un vânător. Oripilat de toată lăcomia, meschinăria și egoismul din universul nostru, în cele din urmă, îngerul se sinucide.)

Ideea de universuri paralele a mai fost explorată, ironic, de către Robert Heinlein în *Numărul fiarei*. Heinlein imaginează un grup de patru indivizi curajoși care străbat universuri paralele într-o mașină interdimensională realizată de un profesor nebun.

În serialul de televiziune *Sliders*, un adolescent găsește într-o carte inspirația pentru a construi o mașină care să-i permită să „alunece" între universuri paralele. (De fapt, cartea pe care o citea băiatul era chiar cartea mea, *Hiperspațiul*.)

Dar, din punct de vedere istoric, cea de-a patra dimensiune a fost considerată de către fizicieni doar o curiozitate. Nu s-a găsit nicio dovadă referitoare la cea de-a patra dimensiune. Acest lucru a început să se schimbe în 1919 când fizicianul Theodor Kaluza a scris un articol foarte controversat care sugera prezența unor dimensiuni superioare. El a început cu teoria relativității generale a lui Einstein, dar a plasat-o în cinci dimensiuni (o dimensiune temporală și patru dimensiuni spațiale; dat fiind că timpul este a patra dimensiune în spațiu-timp, fizicienii se referă acum la cea de-a patra dimensiune spațială ca la a cincea dimensiune). Dacă a cincea dimensiune este făcută din ce în ce mai mică, ecuațiile se divizează în mod magic în două. O ramură descrie teoria relativității einsteiniene standard, iar cealaltă ramură devine teoria luminii a lui Maxwell.

Aceasta a fost o revelație uluitoare. Poate că secretul luminii se află în cea de-a cincea dimensiune! Einstein însuși a fost șocat de această soluție, care părea să ofere o unificare elegantă a luminii și a gravitației. (Einstein a fost atât de zdruncinat de propunerea lui Kaluza, încât a meditat asupra ei timp de doi ani, până când în cele din urmă a acceptat publicarea acestui articol.) Einstein i-a scris lui Kaluza: „Ideea de a ajunge [la teoria unificată] prin intermediul unui cilindru cu cinci dimensiuni nu mi-ar fi trecut niciodată prin cap... La prima vedere, îmi place foarte mult ideea dumitale... Unitatea formală a teoriei dumitale este surprinzătoare".[85]

Ani de-a rândul, fizicienii au pus întrebarea: dacă lumina este o undă, atunci ce anume oscilează? Lumina poate să străbată miliarde de ani-lumină de spațiu cosmic, dar spațiul cosmic este vid, lipsit de orice material. Și atunci, ce oscilează în vid? Odată cu teoria lui Kaluza, am avut prima propunere concretă de răspuns la această problemă: lumina oscilează în cea de-a cincea dimensiune. Ecuațiile lui Maxwell, care descriu cu precizie toate proprietățile luminii, apar pur și simplu ca ecuații pentru undele care călătoresc în cea de-a cincea dimensiune.

Să ne imaginăm niște pești care înoată într-un iaz puțin adânc. Ei s-ar putea să nu bănuiască niciodată existența unei a treia dimensiuni, deoarece ochii lor sunt orientați lateral și pot să înoate doar înainte și înapoi, la stânga și la dreapta. O a treia dimensiune li s-ar putea părea imposibilă. Dar apoi să ne imaginăm că plouă peste iaz. Cu toate că nu pot să vadă a treia dimensiune, ei pot să vadă limpede umbrele vălurelelor de la suprafața iazului. În mod similar, teoria lui Kaluza explica lumina ca niște vălurele care se deplasează în cea de-a cincea dimensiune.

---

85 Pais, p. 330.

Kaluza a mai oferit totodată și un răspuns la întrebarea unde se află a cincea dimensiune. Întrucât nu vedem nicio dovadă privind a cincea dimensiune, aceasta trebuie să se fi „contractat" atât de mult încât nu poate fi observată. (Să ne imaginăm că luăm o foaie de hârtie bidimensională și o rulăm strâns într-un cilindru. De la depărtare, cilindrul arată ca o linie unidimensională. În felul acesta, un obiect bidimensional a fost transformat într-un obiect monodimensional prin contractare.)

Inițial, articolul lui Kaluza a stârnit senzație. Dar în anii care au urmat, au fost aduse obiecții la teoria sa. Care era mărimea acestei noi dimensiuni, a cincea? Cum s-a contractat? Nu s-a găsit niciun răspuns.

Timp de decenii, Einstein avea să lucreze la această teorie cu intermitențe. După ce a murit, în 1955, teoria a fost în scurt timp uitată, devenind doar o stranie notă de subsol la evoluția fizicii.

TEORIA STRINGURILOR

Toate acestea s-au schimbat odată cu apariția unei noi și surprinzătoare teorii, denumită teoria superstringurilor. Prin anii 1980, fizicienii erau copleșiți de o mare de particule subatomice. De fiecare dată când dezintegrau un atom cu acceleratoare de particule puternice, ei găseau zeci de noi particule împrăștiate în toate direcțiile. Era atât de frustrant, încât J. Robert Oppenheimer a declarat că Premiul Nobel pentru fizică ar trebui acordat fizicienilor care *nu* au descoperit o nouă particulă în acel an! (Enrico Fermi, îngrozit de proliferarea particulelor subatomice având denumiri cu sonoritate grecească, a spus: „Dacă aș putea să țin minte numele tuturor acestor particule, aș deveni

botanist".[86]) După decenii de muncă intensă, această grădină zoologică de particule a putut fi aranjată într-o structură denumită Modelul Standard. Miliarde de dolari, sudoarea a mii de ingineri și fizicieni și douăzeci de Premii Nobel au fost înghițite de asamblarea dureroasă, piesă cu piesă, a Modelului Standard. Este o teorie cu adevărat remarcabilă, care pare să concorde cu toate datele experimentale referitoare la particulele subatomice.

Dar Modelul Standard, cu toate succesele sale experimentale, suferea de un defect serios. După cum spunea Stephen Hawking: „Este urât și este ad-hoc". Conține cel puțin nouăsprezece parametri liberi (inclusiv masele particulelor și forța interacțiunilor lor cu alte particule), treizeci și șase de cuarci și anticuarci, trei copii identice și redundante ale unor subparticule și o mulțime de particule subatomice cu denumiri stranii, cum ar fi neutrino tau, gluoni Yang-Mills, bozoni Higgs, bozoni W și particule Z. Mai rău, Modelul Standard nu face nicio mențiune la gravitație. Părea greu de crezut că natura, la nivelul ei suprem, fundamental, putea să fie atât de dezorganizată și de lipsită de eleganță. Aceasta era o teorie pe care doar o mamă o putea îndrăgi. Totala lipsă de eleganță a Modelului Standard i-a forțat pe fizicieni să-și reanalizeze toate supozițiile referitoare la natură. Ceva era teribil de eronat.

Dacă s-ar analiza fizica ultimelor secole, una dintre cele mai importante realizări ale ultimului veac a fost să sintetizeze toată fizica fundamentală în două mari teorii: teoria cuantică (reprezentată de Modelul Standard) și teoria relativității generale a lui Einstein (care descrie gravitația). În mod remarcabil, împreună, acestea reprezintă suma totală a tuturor cunoștințelor fizice la un nivel fundamental. Prima teorie descrie lumea dimensiunilor foarte mici, lumea

86 Kaku, *Hyperspace*, p. 118.

cuantică subatomică în care particulele înfăptuiesc dansuri fantastice, ivindu-se și pierind fulgerător și apărând simultan în două locuri. A doua teorie descrie lumea dimensiunilor foarte mari, cum ar fi găurile negre și Big Bangul, și folosește limbajul suprafețelor netede, al țesăturilor întinse și al suprafețelor deformate. Teoriile sunt opuse în toate privințele, folosind aparate matematice diferite, supoziții diferite și imagini fizice diferite. E ca și cum natura ar fi avut două mâini, care nu comunicau între ele. Mai mult, orice încercare de a reuni aceste două teorii a dus la răspunsuri lipsite de sens. Vreme de o jumătate de secol, orice fizician care încerca să medieze o nuntă forțată între teoria cuantică și relativitatea generală a constatat că teoria era imposibil de strunit, producând un număr infinit de răspunsuri care nu aveau sens.

Toate acestea s-au schimbat odată cu apariția teoriei superstringurilor, care postulează că electronul și celelalte particule subatomice nu sunt decât vibrațiile diferite ale unui string, care acționează asemenea unei benzi de elastic minuscule. Dacă cineva atinge banda elastică, aceasta vibrează în moduri diferite, fiecare notă corespunzând unei anumite particule subatomice. Așa explică teoria superstringurilor sutele de particule subatomice care au fost descoperite până în prezent în acceleratoarele noastre de particule. De fapt, teoria lui Einstein apare astfel doar ca una dintre vibrațiile cele mai joase ale stringului.

Teoria stringurilor a fost elogiată ca „teoria tuturor lucrurilor", imaginara teorie pe care Einstein a tot căutat-o fără succes în ultimii treizeci de ani ai vieții. Einstein își dorea o singură teorie cuprinzătoare, care să sintetizeze toate legile fizicii și care să-i permită „să citească mintea

lui Dumnezeu". Dacă teoria stringurilor reușește cu succes să unifice gravitația cu teoria cuantică, atunci ar putea să reprezinte realizarea supremă a științei în ultimii două mii de ani, de pe vremea când grecii se întrebau din ce este alcătuită materia.

Dar caracteristica bizară a teoriei superstringurilor este faptul că aceste stringuri nu pot vibra decât într-o anumită dimensiune a spațiu-timpului; ele pot vibra doar în zece dimensiuni. Dacă se încearcă să se creeze o teorie a stringurilor în alte dimensiuni, teoria eșuează din punct de vedere matematic.

Universul nostru este, desigur, cvadridimensional (cu trei dimensiuni spațiale și una temporală). Aceasta înseamnă că toate celelalte șase dimensiuni trebuie să se fi colapsat cumva sau să se fi comprimat, precum a cincea dimensiune a lui Kaluza.

În ultima vreme, fizicienii s-au ocupat serios de problema confirmării sau infirmării existenței acestor dimensiuni superioare. Probabil că modalitatea cea mai simplă de a demonstra existența dimensiunilor superioare ar fi să găsim abateri de la legea gravitației newtoniene. În liceu am învățat că gravitația Pământului se micșorează pe măsură ce ne îndepărtăm de el, mergând în spațiul cosmic. Mai precis, gravitația se micșorează cu pătratul distanței. Dar aceasta se întâmplă doar pentru că trăim într-o lume tridimensională. (Gândiți-vă la o sferă care înconjoară Pământul. Gravitația Pământului se distribuie uniform pe suprafața sferei, așa încât, cu cât este mai mare sfera, cu atât mai slabă este gravitația. Dar întrucât suprafața sferei crește cu pătratul razei sale, forța gravitațională, distribuită pe suprafața sferei, trebuie să se micșoreze proporțional cu pătratul razei.)

Dar dacă universul ar avea patru dimensiuni spațiale, atunci gravitația ar trebui să se diminueze cu cubul distanței. Dacă universul ar avea *n* dimensiuni spațiale, atunci gravitația ar trebui să se diminueze cu distanța la puterea *n-1*. Celebra lege newtoniană a pătratului invers a fost testată cu mare precizie pe distanțe astronomice; iată de ce putem trimite cu o precizie uluitoare sonde spațiale care să ajungă dincolo de inelele lui Saturn. Dar până de curând, această lege nu a fost niciodată testată pe distanțe mici în laborator.

Primul experiment de testarea a legii pătratului invers la distanțe mici a fost efectuat în 2005 la Universitatea Colorado cu rezultate negative. Aparent, nu există niciun univers paralel, cel puțin nu în Colorado. Dar acest rezultat negativ nu a făcut decât să ațâțe apetitul altor fizicieni, care sperau să duplice acest experiment cu o precizie și mai mare.

Mai mult, Marele Accelerator Hadron, care va deveni operațional în 2008, în apropiere de orașul elvețian Geneva, va căuta un nou tip de particulă, denumită „sparticula" sau superparticula, care este o vibrație superioară a superstringului (tot ce vedem în jurul nostru nu este decât vibrația cea mai joasă a superstringului). Dacă MAH reușește să găsească sparticule, acest lucru ar putea anunța o revoluție a felului în care vedem universul. În această nouă imagine a universului, Modelul Standard nu reprezintă decât vibrația cea mai joasă a superstringului.

Kip Thorne spune: „Până prin anul 2020, fizicienii vor fi înțeles legile gravitației cuantice, care se va constata că este o variantă a teoriei stringurilor".

În afară de dimensiunile superioare, există un alt univers paralel prezis de teoria stringurilor, iar acesta este „multiversul".

MULTIVERSUL

Rămâne o întrebare sâcâitoare cu privire la teoria stringurilor: de ce trebuie să existe cinci versiuni diferite ale acestei teorii? Chiar dacă reușește să unifice gravitația cu teoria cuantică, totuși există cinci moduri în care se poate realiza asta. Ceea ce e destul de jenant, dat fiind că majoritatea fizicienilor doreau o „teorie a tuturor lucrurilor" unică. Einstein, de exemplu, dorea să afle dacă „Dumnezeu a avut de ales atunci când a creat universul". Convingerea lui era că teoria unificată a câmpurilor (sau a tuturor lucrurilor) ar trebui să fie unică. Atunci de ce să fie cinci teorii ale stringurilor?

În 1994, altă bombă a explodat. Edward Witten, de la Institutul pentru Studii Avansate de la Princeton, și Paul Townsend, de la Universitatea Cambridge, au formulat ipoteza conform căreia toate cele cinci teorii ale stringurilor ar fi de fapt aceeași teorie — dar numai dacă adăugăm o a unsprezecea dimensiune. Din perspectiva avantajoasă a celei de-a unsprezecea dimensiuni, toate cele cinci teorii diferite s-au comprimat în una singură! Teoria era unică, în definitiv, dar numai dacă urcam pe vârful muntelui reprezentat de a unsprezecea dimensiune.

În a unsprezecea dimensiune, poate exista un nou obiect matematic, denumit membrană (de exemplu, ca suprafața unei sfere). Aici survine o observație uluitoare: dacă se coboară de la unsprezece la zece dimensiuni, toate teoriile stringului vor apărea pornind de la o singură membrană. Prin urmare, toate cele cinci teorii nu sunt decât diferite moduri de a mișca o membrană în jos, de la unsprezece la zece dimensiuni.

(Pentru a vizualiza acest fenomen, să ne imaginăm o minge de plajă cu un elastic întins pe la ecuator. Să ne imaginăm că luăm o foarfecă și tăiem bila de două ori, o dată deasupra și o dată dedesubtul elasticului, detașând astfel partea de sus și cea de jos a mingii. N-a mai rămas decât banda elastică, un string. În mod similar, dacă comprimăm cea de-a unsprezecea dimensiune, nu mai rămâne din membrană decât ecuatorul acesteia, care este stringul. De fapt, din perspectivă matematică, există cinci moduri în care se poate face această tăiere, astfel încât vom avea cinci teorii ale stringurilor diferite în zece dimensiuni.)

Cea de-a unsprezecea dimensiune ne-a dat o nouă imagine. Mai însemna că, probabil, universul însuși este o membrană, plutind într-un spațiu-timp cu unsprezece dimensiuni. De fapt, unele dintre aceste dimensiuni ar putea fi infinite.

Aceasta generează posibilitatea ca universul nostru să existe într-un multivers alcătuit din alte universuri. Gândiți-vă la o mulțime numeroasă de baloane de săpun sau membrane. Fiecare balon de săpun reprezintă un întreg univers care plutește într-o arenă mai mare, a hiperspațiului cu unsprezece dimensiuni. Aceste baloane se pot uni cu alte baloane sau se pot diviza, și chiar pot apărea sau dispărea. S-ar putea să trăim chiar pe învelișul unuia dintre aceste universuri-balon.

Max Tegmark de la MIT crede că în cincizeci de ani „existența acestor «universuri paralele» nu va fi mai controversată decât a fost acum o sută de ani existența altor galaxii — pe atunci numite «universuri insulă»".[87]

Câte universuri prezice teoria stringurilor? O caracteristică stingheritoare a teoriei stringurilor este că există trilioane de trilioane de posibile universuri, fiecare

87 Max Tegmark, *New Scientist Magazine*, 18 noiembrie 2006, p. 37.

dintre ele fiind compatibil cu relativitatea și teoria cuantică. O estimare susține că s-ar putea să existe un gogol de asemenea universuri. (Un gogol este un număr format din 1 urmat de 100 de zerouri.)

În condiții normale, comunicarea dintre aceste universuri este imposibilă. Atomii corpului nostru sunt ca mușteleile lipite de hârtia specială pentru prins muște. Ne putem mișca liber în trei dimensiuni de-a lungul universului-membrană de care aparținem, dar nu putem „sări" din univers în hiperspațiu, pentru că suntem lipiți de universul nostru. Dar gravitația, întrucât reprezintă deformarea spațiu-timpului, poate pluti liber în spațiul dintre universuri.

De fapt, există o teorie care stabilește că materia neagră, o formă invizibilă de materie care înconjoară galaxia, ar putea fi materie ordinară care plutește într-un univers paralel. La fel ca în *Omul invizibil* al lui H.G. Wells, o persoană va deveni invizibilă dacă ar pluti chiar deasupra noastră în a patra dimensiune. Să ne imaginăm în acest sens două foi paralele de hârtie, cu cineva plutind pe una dintre foi, chiar deasupra celeilalte.

În același mod, există ipoteza că materia neagră ar putea fi o galaxie normală care plutește deasupra noastră într-un alt univers-membrană. Am putea să simțim gravitația acestei galaxii, dat fiind că gravitația poate să-și croiască drum „prelingându-se" printre galaxii, dar cealaltă galaxie ar fi invizibilă pentru noi, deoarece lumina se deplasează pe sub acea galaxie. În felul acesta, galaxia ar avea gravitație, dar ar fi invizibilă, ceea ce se potrivește cu descrierea materiei negre. (Și totuși o altă posibilitate este că materia neagră ar putea să constea din următoarea vibrație a superstringului. Tot ce vedem în jur, ca de exemplu

atomii și lumina, nu este altceva decât vibrația cea mai joasă a superstringului. Materia neagră ar putea fi următorul set superior de vibrații.)

Cu siguranță, majoritatea acestor universuri paralele sunt probabil moarte, constând dintr-un gaz amorf de particule subatomice, cum ar fi electroni și neutrino. În aceste universuri, protonul s-ar putea să fie instabil, așa încât întreaga materie, așa cum o cunoaștem, se va descompune lent și va dispărea. Materia complexă, constând din atomi și molecule, probabil că nu ar fi posibilă în multe dintre aceste universuri.

Alte universuri paralele ar putea fi exact opusul, cu forme complexe de materie depășind cu mult orice am putea noi concepe. În locul a doar unui singur tip de atomi alcătuiți din protoni, neutroni și electroni, acestea ar putea avea un număr impresionant de alte tipuri de materie stabilă.

Aceste universuri-membrană pot să se și ciocnească, creând jocuri de artificii la scară cosmică. Unii fizicieni de la Princeton cred că, probabil, universul nostru a început de la două membrane gigantice care s-au ciocnit cu 13,7 miliarde de ani în urmă. Ei sunt de părere că undele de șoc de la această ciocnire catastrofică au creat universul nostru. În mod remarcabil, când consecințele experimentale ale acestei idei stranii sunt explorate, acestea concordă aparent cu rezultatele obținute de la satelitul WMAP, aflat în prezent pe orbită terestră. (Aceasta se numește teoria „Big Splat".)

Teoria multiversului are în favoarea sa un fapt real. Dacă analizăm constantele naturii, observăm că acestea sunt „reglate" foare precis pentru a permite viața. Dacă sporim intensitatea forței nucleare, atunci stelele se vor „consuma" prea repede ca să mai permită apariția vieții. Dacă

descreștem tăria forței nucleare, atunci stelele nu se vor mai aprinde deloc, iar viața nu va putea să existe. Dacă mărim forța gravitațională, atunci universul nostru va muri rapid într-o Mare Sfărâmare. Dacă micșorăm forța gravitațională, atunci universul se va extinde rapid într-un Mare Îngheț. De fapt, sunt zeci de „accidente" legate de constantele naturii care favorizează viața. Aparent, universul nostru trăiește într-o „zonă locuibilă" determinată de numeroși parametri, toți fiind „fin reglați" pentru susținerea vieții. Așa încât, fie ajungem la concluzia că există un Dumnezeu care a ales ca universul nostru să fie „numai bun" ca să susțină viața, sau există miliarde de universuri paralele, multe dintre acestea fiind moarte. Așa cum a spus Freeman Dyson: „Universul părea să știe de venirea noastră".

Sir Martin Rees de la Universitatea Cambridge a scris că acest reglaj fin este, de fapt, dovada convingătoare a multiversului. Există cinci constante fizice (cum ar fi tăria diferitelor forțe) care sunt fin reglate pentru susținerea vieții, iar el crede că există totodată și un număr infinit de universuri în care constantele naturii nu sunt compatibile cu viața.

Acesta este așa-numitul „principiu antropic". Versiunea „slabă" susține simplu că universul nostru este fin reglat pentru susținerea vieții (în primul rând, pentru că noi ne aflăm aici ca să facem această afirmație). Versiunea „tare" spune că, probabil, existența noastră a fost un produs secundar al unui proiect sau al unui scop anume. Majoritatea cosmologilor sunt de acord cu versiunea slabă a principiului antropic, dar se poartă controverse aprinse vizavi de dilema dacă principiul antropic este un nou principiu al științei, care ar putea duce la noi descoperiri și rezultate, sau dacă nu e decât o formulare a unor lucruri evidente.

TEORIA CUANTICĂ

Pe lângă dimensiunile superioare și multivers, mai există un tip de univers paralel, unul care i-a dat lui Einstein dureri de cap și unul care continuă să-i chinuiască pe fizicienii din zilele noastre. Este vorba despre universul cuantic, prezis de mecanica cuantică obișnuită. Paradoxurile din sânul mecanicii cuantice sunt atât de incontrolabile, încât laureatului Nobel pentru fizică, Richard Feynman, îi plăcea să spună că *nimeni* nu înțelege cu adevărat teoria cuantică.

În mod ironic, cu toate că teoria cuantică este cea mai de succes teorie propusă vreodată de mintea omenească (adeseori precisă până la o parte din 10 miliarde), este construită pe nisipurile mișcătoare ale șansei, ale norocului și ale probabilităților. Spre deosebire de teoria newtoniană, care oferea răspunsuri clare și ferme la mișcările obiectelor, teoria cuantică nu poate oferi decât probabilități. Minunile epocii moderne, precum laserele, internetul, computerele, televiziunea, telefonia celulară, radarul, cuptoarele cu microunde și așa mai departe, toate se bazează pe nisipurile mișcătoare ale probabilităților.

Cel mai frapant exemplu al acestei enigme este celebra problemă a „pisicii lui Schrödinger" (formulată de unul dintre întemeietorii teoriei cuantice, care a propus problema în mod paradoxal, cu scopul de a zdrobi această interpretare probabilistică). Schrödinger a protestat împotriva acestei interpretări a teoriei sale, declarând: „Dacă vom rămâne la această blestemată țopăială cuantică, atunci regret că am fost vreodată implicat în toată povestea asta".[88]

Paradoxul pisicii lui Schrödinger este următorul: o pisică este așezată într-o cutie sigilată. Înăuntrul cutiei,

88 Cole, p. 222.

un pistol este îndreptat spre pisică (iar trăgaciul este apoi conectat la un contor Geiger așezat lângă o bucată de uraniu). În mod normal, când atomul de uraniu se dezintegrează, declanșează contorul Geiger și apoi pistolul, iar pisica este omorâtă. Atomul de uraniu poate fie să se dezintegreze, fie nu. Pisica este ori moartă, ori vie. Așa ne spune bunul-simț.

Dar în teoria cuantică nu știm sigur dacă uraniul s-a dezintegrat. Așa că trebuie să adăugăm două posibilități, adunând funcția de undă a unui atom dezintegrat cu funcția de undă a unui atom intact. Dar asta înseamnă că, pentru a descrie pisica, trebuie să adăugăm cele două stări ale pisicii. Așadar, pisica nu este nici moartă, nici vie. Ea este reprezentată ca suma dintre o pisică moartă și una vie!

După cum scria odată Feynman, mecanica cuantică „descrie natura ca fiind absurdă din punctul de vedere al bunului simț. Și concordă pe deplin cu experimentul. Așa încât, sper că puteți accepta natura așa cum e — absurdă".[89]

Pentru Einstein și Schrödinger, acest lucru era absurd. Einstein credea în „realitatea obiectivă", o perspectivă de bun simț, newtoniană, în care obiectele există în stări definite, nu ca o sumă a mai multor stări posibile. Și totuși această interpretare bizară se află la baza civilizației moderne. Fără ea, electronica modernă (și înșiși atomii constituenți ai corpului nostru) ar înceta să existe. (În lumea noastră obișnuită, glumim uneori spunând că este imposibil să fi „doar un pic gravidă". Dar în lumea cuantică e și mai rău. Noi existăm simultan ca suma tuturor stărilor organice posibile: negravidă, gravidă, copil, o femeie vârstnică, o adolescentă, o femeie de carieră etc.)

89 Greene, p. i11.

Sunt mai multe modalități de rezolvare a acestui paradox agasant. Fondatorii teoriei cuantice credeau în Școala de la Copenhaga, care spunea că, de îndată ce ai deschis cutia, faci o măsurătoare și poți să determini dacă pisica e vie sau moartă. Funcția de undă a „colapsat" într-o singură stare și bunul simț preia controlul. Undele au dispărut, lăsând doar particulele. Aceasta înseamnă că acum pisica intră într-o stare definită (fie vie, fie moartă) și nu mai este descrisă de o funcție de undă.

Astfel, există o barieră invizibilă care separă lumea bizară a atomului de lumea macroscopică a oamenilor. Pentru lumea atomică, totul este descris de unde probabilistice, în care atomii se pot afla simultan în mai multe locuri. Cu cât e mai mare unda într-o anumită poziție, cu atât e mai mare probabilitatea de a găsi particula în acel punct. Dar pentru obiecte de mari dimensiuni, aceste unde au colapsat, astfel că obiectele există în stări definite și, prin urmare, bunul simț prevalează.

(Când Einstein primea musafiri, acesta arăta spre lună și întreba: „Oare Luna există doar pentru că un șoarece se uită la ea?" Într-un anumit sens, răspunsul Școlii de la Copenhaga ar putea fi afirmativ.)

Majoritatea textelor de doctorat în fizică aderă cu religiozitate la ideile originare ale Școlii de la Copenhaga, dar mulți cercetători fizicieni le-au abandonat. Dispunem acum de nanotehnologie și putem manipula atomi individuali, așa încât atomii care apar și dispar fulgerător pot fi manipulați după bunul plac, cu ajutorul microscopului cu efect de tunel. Nu există niciun zid invizibil care să separe lumea microscopică de cea macroscopică. Există un continuum.

În prezent, nu există un consens cu privire la rezolvarea acestei chestiuni, care lovește în însăși esența

fizicii moderne. La conferințe, multe teorii concurează acerb cu altele. Un punct de vedere minoritar susține că ar trebui să existe o „conștiință cosmică" răspândită în univers. Obiectele încep să existe când sunt făcute măsurători, iar măsurătorile sunt făcute de ființe conștiente. Prin urmare, trebuie să existe o conștiință cosmică răspândită în univers care să determine în ce stare ne aflăm. Unii, asemenea laureatului Nobel Eugene Wigner, au argumentat că aceasta ar dovedi existența lui Dumnezeu sau a unei conștiințe cosmice. (Wigner scria: „N-a fost posibil să se formuleze legile [teoriei cuantice] într-o manieră pe deplin coerentă fără a se face referire la conștiință". De fapt, el chiar și-a exprimat interesul față de filosofia Vedanta a hinduismului, în care universul este impregnat de o conștiință atotcuprinzătoare.)

Un alt punct de vedere asupra paradoxului este ideea „lumilor multiple" propusă de Hugh Everett în 1957, care stabilește că universul se divide pur și simplu în două părți, cu pisica vie într-una dintre jumătăți și cu pisica moartă în cealaltă.[90] Asta înseamnă că există o vastă proliferare sau ramificare de universuri paralele de fiecare dată când se produce un eveniment cuantic. Orice univers care poate exista, face acest lucru. Cu cât un univers este mai bizar, cu atât este mai puțin probabil, dar cu toate acestea, asemenea universuri există. Rezultă de aici că există o lume paralelă în care naziștii au învins în cel de-al Doilea Război Mondial sau o lume în care Armada spaniolă n-a

---

90 O altă proprietate atrăgătoare a interpretării „lumilor multiple" este faptul că nu sunt necesare alte supoziții în afară de ecuația de undă inițială. În această imagine nu trebuie să colapsăm funcțiile de undă și nici să facem observații. Funcția de undă pur și simplu se divide singură, automat, fără vreo intervenție sau supoziție din afară. În acest sens, teoria „lumilor multiple" este mai simplă conceptual decât toate celelalte teorii, care necesită observatori exteriori, măsurători, colapsări de unde și așa mai departe. Este adevărat că suntem împovărați cu un număr infinit de universuri, dar funcția de undă ține evidența tuturor, fără vreo altă supoziție din afară.

O modalitate de a înțelege de ce universul nostru fizic pare atât de stabil și de lipsit de pericole este să invocăm decoerența, altfel spus, să spunem că am devenit decoerenți față de toate aceste universuri paralele. Dar decoerența nu elimină universurile paralele. Decoerența explică doar de ce universul nostru, dintr-o mulțime infinită de universuri, pare atât de stabil. Decoerența se bazează pe ideea că universurile se pot diviza în multe universuri, dar că universul nostru, datorită interacțiunilor cu mediul înconjurător, devine separat față de aceste alte universuri.

fost niciodată înfrântă și toată lumea vorbește spaniola. Cu alte cuvinte, funcția de undă nu colapsează niciodată. Își continuă pur și simplu calea, despicându-se cu voioșie în nenumărate universuri paralele.

Așa cum spunea fizicianul Alan Guth de la MIT: „Există un univers în care Elvis continuă să trăiască, iar Al Gore este președinte". Laureatul Premiului Nobel Frank Wilczek spune: „Nu ne dă pace ideea că un număr infinit de copii ușor schimbate ale noastre își duc viețile lor paralele și că în fiecare moment și mai multe duplicate iau naștere și ocupă numeroasele noastre viitoruri alternative".[91]

Un punct de vedere care câștigă popularitate printre fizicieni este ceva numit „decoerență". Această teorie susține că toate aceste universuri paralele sunt posibilități, dar funcția noastră de undă a devenit decoerentă față de ele (adică, nu mai vibrează la unison cu ele) și, prin urmare, nu mai interacționează cu ele. Aceasta înseamnă că în propria noastră sufragerie coexistăm simultan cu funcția de undă a dinozaurilor, a extratereștrilor, a piraților, a unicornilor, toate acestea fiind ferm convinse că universul lor este cel „real", numai că noi nu mai suntem „pe aceeași lungime de undă" cu ele.

Conform laureatului Nobel Steve Weinberg, este ca și cum ți-ai acorda aparatul de radio la un anumit post. Știi că sufrageria îți este inundată cu semnale de la zeci de posturi de radio din țară și din lume. Dar radioul tău nu se poate acorda decât la un singur post. A devenit decoerent față de toate celelalte posturi. (Rezumând, Weinberg observă că ideea „lumilor multiple" este „o idee mizerabilă, exceptând toate celelalte idei".)

Așadar, există o funcție de undă a unei Federații a Planetei ticăloase care jefuiește planetele slabe

91 Kaku, *Parallel Worlds*, p. 169.

și-și măcelărește inamicii? Probabil, dar dacă e așa, noi am devenit decoerenți față de acel univers.

UNIVERSURILE CUANTICE

Când Hugh Everett discuta despre teoria sa a „lumilor multiple" cu alți fizicieni, reacțiile celorlalți erau de nedumerire sau de indiferență. Un fizician de la Universitatea din Texas, Bryce DeWitt, și-a exprimat obiecția față de teorie spunând că: „Pur și simplu, nu pot să mă simt divizat". Dar Everett a contraargumentat zicând că situația e similară cu felul în care Galileo le-a răspuns criticilor săi care spuneau că nu pot simți Pământul mișcându-se. (În cele din urmă, DeWitt a fost cucerit de partea lui Everett și a devenit unul dintre susținătorii de frunte ai teoriei.)

Vreme de decenii, teoria „lumilor multiple" a rămas în obscuritate. Era pur și simplu prea fantastică pentru a fi adevărată. John Wheeler, consilierul lui Everett de la Princeton, a conchis, în cele din urmă, că exista prea mult „bagaj în exces" asociat cu teoria. Dar un motiv pentru care teoria lui Everett este în vogă în acest moment este faptul că fizicienii încearcă să aplice teoria cuantică ultimului domeniu care a rezistat cuantificării: universul însuși. Aplicarea principiului de incertitudine la întregul univers duce în mod natural la un multivers.

La o primă vedere, conceptul de „cosmologie cuantică" pare o contradicție în termeni: teoria cuantică se referă la lumea infinitezimal de mică a atomului, în vreme ce cosmologia se referă la întregul univers. Dar să ne gândim la acest lucru: în momentul Big Bangului, universul era mult mai mic decât un electron. Orice fizician este de acord că electronii trebuie cuantificați; cu alte cuvinte, ei sunt descriși

de o ecuație de undă probabilistică (ecuația Dirac) și pot exista în stări paralele. Prin urmare, dacă electronii trebuie cuantificați și dacă universul a fost cândva mai mic decât un electron, atunci și universul trebuie să existe în stări paralele — o teorie care conduce în mod natural la abordarea „lumilor paralele".

Dimpotrivă, interpretarea de la Copenhaga a lui Niels Bohr întâmpină probleme atunci când se aplică la întregul univers. Interpretarea de la Copenhaga, cu toate că este predată în toate cursurile doctorale de mecanică cuantică de pe Pământ, depinde de un „observator" care face o observație și de colapsul funcției de undă. Procesul observației este absolut esențial în definirea lumii macroscopice. Dar cum poate cineva să fie „în afara" universului, observând în același timp întregul univers? Dacă o funcție de undă descrie universul, atunci cum poate un observator „din afară" să colapseze funcția de undă a universului? De fapt, unii consideră că incapacitatea de a observa universul „din afara" universului este defectul fatal al interpretării de la Copenhaga.

În abordarea „lumilor multiple", soluția la această problemă este simplă: universul există pur și simplu în mai multe stări paralele, toate definite de o funcție de undă principală, denumită „funcția de undă a universului". În cosmologia cuantică, universul a început ca o fluctuație cuantică a vidului, cu alte cuvinte, ca o mică bulă în spuma spațiu-timpului. Majoritatea universurilor-copil din spuma spațiu-timpului au suferit un Big Bang, urmat imediat de un Big Crunch (Marea Zdrobire). Iată de ce nu le vedem niciodată, pentru că sunt extrem de mici și au o viață foarte scurtă, apărând și dispărând din vid. Aceasta înseamnă că până și „nimicul" fierbe împreună cu universurile-copil,

apărând brusc și încetându-și existența, dar la o scară prea mică pentru a putea fi detectat cu instrumentele noastre. Dar, dintr-un motiv oarecare, una dintre bulele din spuma spațiu-timpului nu a re-colapsat printr-o Mare Zdrobire, ci a continuat să se extindă. Acesta este universul nostru. După spusele lui Alan Guth, asta înseamnă că întregul univers este o „masă gratuită".

În cosmologia cuantică, fizicienii încep cu un analog al ecuației Schrödinger, care guvernează funcția de undă a electronilor și atomilor. Ei folosesc ecuația DeWitt-Wheeler, care acționează asupra „funcției de undă a universului". De regulă, funcția de undă a lui Schrödinger este definită în fiecare punct din spațiu și timp și, în consecință, se pot calcula șansele de a găsi un electron în acel punct din spațiu și timp. Dar „funcția de undă a universului" este definită asupra tuturor universurilor posibile. Dacă funcția de undă a universului se întâmplă să fie mare atunci când este definită pentru un anumit univers, înseamnă că există o bună șansă ca universul să se afle în acea stare particulară.

Hawking a susținut acest punct de vedere. Universul nostru, spunea el, este special printre alte universuri. Funcția de undă a universului este mare pentru universul nostru și este aproape zero pentru majoritatea celorlalte universuri. Astfel, există o probabilitate mică, dar finită, ca alte universuri să poată exista în multivers, dar al nostru are probabilitatea cea mai mare. De fapt, Hawking încearcă să derive în felul acesta expansiunea. În această imagine, un univers în expansiune este pur și simplu mai probabil decât univers care nu se umflă și, prin urmare, universul nostru și-a mărit dimensiunile.

Teoria conform căreia universul nostru a venit din „neantul" spumei spațiu-timpului pare să fie

totalmente netestabilă, dar este în concordanță cu mai multe observații simple. Mai întâi, mulți fizicieni au arătat că este uluitor faptul că suma totală a sarcinilor pozitive și negative din universul nostru ajunge să fie exact zero, cel puțin în limitele de precizie experimentală. Luăm ca de la sine înțeles faptul că în spațiul cosmic gravitația este forța dominantă, și totuși asta se întâmplă doar pentru că sarcinile pozitive și negative se anulează până la una. Dacă ar exista și cel mai mic dezechilibru între sarcinile pozitive și negative de pe Pământ, ar putea fi de ajuns ca să ducă la dezintegrarea planetei, copleșind forța gravitațională care ține Terra laolaltă. O cale simplă de a explica de ce există acest echilibru între sarcinile pozitive și cele negative ar fi să presupunem că universul nostru a apărut din „nimic", iar „nimicul" are sarcina zero.

În al doilea rând, universul nostru are spinul zero. Cu toate că ani de-a rândul Kurt Gödel a încercat să demonstreze că universul se rotește, însumând spinurile diferitelor galaxii, astăzi astronomii consideră că spinul total al universului este zero. Fenomenul ar putea fi explicat cu ușurință dacă universul ar fi apărut din „nimic", dat fiind că „nimicul" are spinul zero.

În al treilea rând, apariția din neant a universului nostru ar explica de ce conținutul total de energie-materie al universului este atât de mic, poate chiar zero. Când însumăm energia pozitivă a materiei cu energia negativă asociată cu gravitația, cele două par să se anuleze reciproc. În conformitate cu relativitatea generală, dacă universul este închis și finit, atunci cantitatea totală de energie-materie din univers ar trebui să fie exact zero. (Dacă universul nostru este deschis și infinit, acest lucru nu trebuie să fie adevărat, dar teoria inflaționistă a universului

pare să indice că, în universul nostru, cantitatea totală de energie-materie este remarcabil de mică.)

CONTACTUL ÎNTRE UNIVERSURI?

Aceasta lasă deschise câteva întrebări incitante: dacă fizicienii nu pot exclude posibilitatea mai multor tipuri de universuri paralele, ar fi posibil să intrăm în contact cu ele? Să le vizităm? Sau este posibil ca ființe din alte universuri să ne fi vizitat?

Contactul cu alte universuri cuantice, care nu mai sunt coerente cu noi, pare foarte improbabil. Motivul pentru care noi nu mai suntem coerenți cu aceste alte universuri este faptul că atomii noștri s-au ciocnit cu nenumărați alți atomi din mediul înconjurător. De fiecare dată când se produce o ciocnire, funcția de undă a acelui atom pare să „colapseze" puțin; cu alte cuvinte, numărul de universuri paralele descrește. Fiecare ciocnire micșorează numărul de posibilități. Suma totală a tuturor acestor trilioane de „minicolapsuri" atomice dă iluzia că atomii corpului nostru au colapsat complet într-o stare definită. „Realitatea obiectivă" a lui Einstein este o iluzie creată de faptul că organismul nostru este alcătuit din atât de mulți atomi, fiecare ciocnindu-se de ceilalți, diminuând de fiecare dată numărul de universuri posibile.

E ca și cum am privi la o imagine nefocalizată prin obiectivul unui aparat de fotografiat. Aceasta ar corespunde lumii microscopice, în care totul pare neclar și nedefinit. Dar de fiecare dată când reglați distanța focală a aparatului, imaginea devine tot mai bine conturată. Aceasta corespunde cu trilioane de ciocniri minuscule cu atomii învecinați, fiecare dintre ciocniri reducând numărul

de universuri posibile. În felul acesta, noi facem în mod lin tranziția de la lumea microscopică neclară la lumea macroscopică.

Așadar, probabilitatea de a interacționa cu un alt univers cuantic similar cu al nostru nu este zero, dar descrește rapid odată cu numărul de atomi din organismul nostru. Dat fiind că există trilioane de trilioane de atomi în corpul omenesc, șansa să interacționăm cu un alt univers constând din dinozauri sau extratereștri este infinitezimal de mică. Se poate calcula că ar trebui să așteptăm mult mai mult decât viața universului pentru ca un astfel de eveniment să aibă loc.

Așa încât, contactul cu un univers paralel cuantic nu poate fi exclus, dar ar fi un eveniment extrem de rar, deoarece noi nu mai suntem coerenți cu respectivele universuri. Dar în cosmologie întâlnim un tip diferit de univers paralel: un multivers de universuri care coexistă unul cu celălalt, ca baloanele de săpun care plutesc într-o baie cu spumă. Contactul cu un alt univers din cadrul multiversului este o chestiune diferită. Fără doar și poate că ar fi o ispravă dificilă, dar pentru o civilizație de Tip III ar putea fi posibilă.

După cum am discutat anterior, energia necesară pentru a face o gaură în spațiu sau pentru a amplifica spuma spațiu-timpului este de ordinul energiei lui Planck, unde toată fizica așa cum o cunoaștem își pierde valabilitatea. Spațiul și timpul nu mai sunt stabile la acea energiei iar asta deschide posibilitatea de a părăsi universul nostru (presupunând că alte universuri există și că nu ne pierdem viața în timpul acestui proces).

Aceasta nu este o întrebare pur academică, deoarece întreaga viață inteligentă din univers va trebui într-o zi să se confrunte cu sfârșitul universului. În ultimă

instanță, teoria multiversului ar putea fi salvarea pentru toată viața inteligentă din universul nostru. Datele primite recent de la satelitul WMAP aflat în prezent pe orbită terestră confirmă că universul se extinde într-un ritm accelerat. Într-o zi, s-ar putea să pierim cu toții în ceea ce fizicienii numesc Marele Îngheț. În cele din urmă, întregul nostru univers se va „înnegri". Toate stelele din ceruri vor înceta să mai lumineze, iar universul va consta din stele moarte, stele neutronice și găuri negre. Chiar și atomii constituenți ai acestor corpuri cerești s-ar putea să înceapă să se dezintegreze. Temperaturile s-ar putea să coboare până în apropierea lui zero absolut, făcând viața imposibilă.

Pe măsură ce universul se apropie de acel punct, o civilizație avansată, confruntându-se cu moartea universului, s-ar putea să se gândească să facă o ultimă călătorie într-un alt univers. Aceste ființe ar avea de ales între a muri prin îngheț și a pleca. Legile fizicii constituie condamnarea la moarte a întregii vieți inteligente, dar în ele există și o clauză care permite scăparea.

O astfel de civilizație va trebui să stăpânească puterea unor dezintegratoare de atomi uriașe și a unor fascicule laser de dimensiunile unui sistem solar sau a unui roi stelar pentru a concentra toată această putere enormă într-un singur punct, cu scopul de a obține legendara energie Planck. Este posibil ca procedând astfel să fie de ajuns pentru deschiderea unei găuri de vierme sau a unei porți de trecere spre un alt univers. O civilizație de Tip III ar putea folosi energia colosală aflată la dispoziția ei pentru a deschide o gaură de vierme ca să poată efectua călătoria spre un alt univers, părăsind universul nostru muribund și luând-o din nou de la capăt.

UN UNIVERS-COPIL ÎN LABORATOR?

Oricât de improbabile ar putea să pară unele dintre aceste idei, ele au fost analizate serios de către fizicieni. De exemplu, dacă încercăm să înțelegem cum a început Big Bangul, trebuie să analizăm condițiile care ar fi putut să ducă la acea explozie inițială. Cu alte cuvinte, trebuie să punem întrebarea: cum faci un univers-copil în laborator? Andrei Linde de la Universitatea Stanford, unul dintre creatorii ideii universului inflaționist, spune că dacă putem crea universuri-copil, atunci „poate că e momentul să-l redefinim pe Dumnezeu ca pe ceva mai sofisticat decât doar creatorul universului".

Ideea nu este nouă. Cu ani în urmă, pe când fizicienii calculau energia necesară pentru a iniția Big Bangul, „oamenii au început imediat să se întrebe ce s-ar întâmpla dacă aduni o mare cantitate de energie într-un spațiu din laborator — dacă am trage o salvă cu o mulțime de tunuri laolaltă. Am putea să concentrăm suficientă energie ca să declanșăm un mini Big Bang?" întreabă Linde.

Dacă am reuși să concentrăm suficientă energie într-un singur punct, n-am obține decât colapsul spațiu-timpului într-o gaură neagră, nimic mai mult Dar în 1981, Alan Guth, de la MIT, și Linde au propus teoria „universului inflaționist", care de atunci a generat un interes uriaș printre cosmologi. Conform acestei idei, Big Bangul a pornit cu o expansiune ultrarapidă, mult mai rapidă decât s-a crezut anterior. (Ideea universului inflaționist a rezolvat multe probleme dificile din cosmologie, ca de exemplu, de ce universul trebuie să fie atât de uniform. Oriunde ne uităm, dintr-o parte a cerului în alta, vedem un univers

uniform, cu toate că n-a trecut suficient timp de la Big Bang pentru ca aceste imense regiuni separate să intre în contact. Răspunsul la această enigmă, conform teoriei universului inflaționist, este că o mică parte din spațiu-timp, care era relativ uniformă, a explodat pentru a deveni întregul nostru univers vizibil.) Pentru a da startul inflației, Guth a presupus că, la începutul timpului, au existat bule mici de spațiu-timp, dintre care una s-a umflat enorm și a devenit universul de astăzi.

Dintr-o dată, teoria universului inflaționist a răspuns la o mulțime de întrebări ale cosmologiei. Mai mult, ea este în concordanță cu toate datele care ne vin din spațiul cosmic de la sateliții WMAP și COBE. De fapt, ea este indubitabil candidatul cel mai îndreptățit la titlul de teorie a Big Bangului.

Și totuși teoria universului inflaționist ridică o serie de întrebări stingheritoare. De ce a început să se umfle această bulă? Ce a declanșat expansiunea, ca să se ajungă la universul din zilele noastre? Dacă expansiunea s-a produs o dată, ar putea să se întâmple din nou? În mod ironic, cu toate că scenariul expansiunii este teoria de frunte a cosmologiei, nu se cunoaște aproape nimic despre ce anume a declanșat expansiunea și de ce s-a oprit.

Pentru a răspunde la aceste întrebări sâcâitoare, în 1987, Alan Guth și Edward Fahri de la MIT au pus o altă întrebare ipotetică: cum ar putea o civilizație avansată să-și expandeze propriul univers? Ei credeau că dacă vor găsi răspunsul la această întrebare, ar putea fi în stare să răspundă la întrebarea mai profundă legată de motivul pentru care universul a început să se expandeze.

Ei au descoperit că, dacă concentrăm suficientă energie într-un singur punct, mici bule de spațiu-timp se vor

forma în mod spontan. Dar dacă bulele sunt prea mici, ele vor dispărea în spuma spațiu-timpului. Numai dacă bulele ar fi îndeajuns de mari, ar putea să se expandeze, formând un întreg univers.

Văzută din afară, nașterea acestui nou univers n-ar arăta cine știe ce de spectaculos, probabil nu mai mult decât detonarea unei bombe nucleare de 500 de kilotone. Ea ar arăta ca și cum o mică bulă ar dispărea din univers, lăsând în urmă o mică explozie nucleară. Dar înăuntrul bulei, un întreg și nou univers ar putea să se expandeze. Gândiți-vă la o bulă de săpun care se divizează sau dă naștere unei bule mici. Bula de săpun minusculă ar putea să se expandeze rapid într-o bulă de săpun cu totul nouă. În mod similar, în interiorul universului am vedea o uriașă explozie a spațiu-timpului și crearea unui întreg univers.

Începând din 1987, au fost propuse mai multe teorii, cu ajutorul cărora s-a încercat să se deducă dacă introducerea de energie ar putea să provoace expansiunea unei bule mari într-un întreg univers. Cea mai larg acceptată este aceea conform căreia o nouă particulă, numită „inflaton", a destabilizat spațiu-timpul, provocând formarea și expandarea acestor bule.

Ultima controversă a izbucnit în 2006, când fizicienii au început să caute, în mod serios, o nouă propunere pentru a declanșa un univers-copil cu ajutorul unui monopol. Cu toate că monopolii — particule care să aibă doar un singur pol, nord sau sud — n-au fost văzute niciodată, se crede că acestea dominau universul în starea lui timpurie. Sunt atât de masive, încât sunt extrem de greu de creat în laborator, dar tocmai pentru că sunt atât de masive, dacă injectăm ceva mai multă energie într-un monopol, am putea fi în stare să declanșăm expansiunea unui univers-copil într-un univers real.

De ce ar dori fizicienii să creeze un univers? Linde este de părere căi: „Din această perspectivă, fiecare dintre noi poate deveni un zeu". Dar există un motiv mai practic pentru a dori crearea unui univers nou: în ultimă instanță, pentru a scăpa de moartea finală a universului nostru.

EVOLUȚIA UNIVERSURILOR?

Unii fizicieni au dus această idee și mai departe, către chiar limitele science-fictionului, punând întrebarea dacă inteligența se poate să fi avut vreo contribuție la proiectarea și crearea universului nostru.

În viziunea Guth/Fahri, o civilizație avansată poate crea un univers-copil, dar constantele fizice (cum ar fi masa electronului și a protonului și tăria celor patru forțe) rămân aceleași. Dar ce s-ar întâmpla dacă o civilizație avansată ar putea crea universuri-copil care să difere puțin în constantele lor universale? Atunci universurile-copil ar fi în stare să „evolueze" cu timpul, fiecare generație de universuri-copil fiind ușor diferită de generația anterioară.

Dacă, prin analogie, considerăm că aceste constante fundamentale sunt „ADN"-ul unui univers, înseamnă că viața inteligentă ar putea fi în stare să creeze universuri-copil cu ADN ușor diferit. În cele din urmă, universurile ar evolua, iar universurile care vor prolifera vor fi acelea care au cel mai bun „ADN", și anume acela care să permită înflorirea vieții inteligente. Fizicianul Edward Harrison, pornind de la o idee anterioară a lui Lee Smolin, a propus o „selecție naturală" a universurilor. Universurile care domină multiversul sunt chiar acelea care au ADN-ul cel mai bun, respectiv acela care este compatibil cu crearea

civilizațiilor avansate, care la rândul său creează mai multe universuri-copil. „Supraviețuirea celui mai bine adaptat" nu înseamnă altceva decât supraviețuirea universurilor care sunt cele mai favorabile apariției și dezvoltării civilizațiilor avansate.

Dacă această imagine este corectă, ar explica de ce constantele fundamentale ale universului sunt „fin reglate" pentru a îngădui susținerea vieții. Înseamnă pur și simplu că universurile care au constantele fundamentale dezirabile compatibile cu viața sunt acelea care proliferează în multivers.

(Cu toate că această idee a „evoluției universurilor" este atractivă, deoarece ar putea explica problema principiului antropic, dificultatea generată de ea este dată de faptul că este netestabilă și nefalsificabilă. Va trebui să așteptăm până când vom avea o teorie completă a tuturor lucrurilor înainte să putem extrage ceva util din această teorie.)

În prezent, tehnologia noastră este mult prea primitivă ca să dezvăluie prezența acestor universuri paralele. Așa încât, toate acestea se încadrează în categoria imposibilităților de clasa a II-a — imposibile astăzi, dar fără să încalce legile fizicii. La o scară de câteva mii până la câteva milioane de ani, aceste speculații ar putea deveni baza unei noi tehnologii pentru o civilizație de Tip III.

IMPOSIBILITĂȚI DE CLASA A III-A

14. DISPOZITIVELE PERPETUUM MOBILE

Teoriile au patru stadii de acceptare:
i. este o prostie fără nicio valoare;
ii. este interesant, dar pervers;
iii. e adevărat, dar lipsit de importanță;
iv. întotdeauna am spus asta.

J. B. S. HALDANE, 1963

În romanul clasic al lui Isaac Asimov *Zeii înșiși*, un chimist obscur din anul 2070 face în mod întâmplător cea mai mare descoperire a tuturor timpurilor, Pompa Electronică, care produce gratuit energie în cantități nelimitate. Impactul este imediat și profund. Este elogiat ca fiind cel mai mare om de știință al tuturor timpurilor pentru că a satisfăcut setea de energie de neostoit a civilizației. „Era Moș Crăciun și Lampa lui Aladin a întregii lumi", scria Asimov.[92] Compania pe care o înființează devine în scurt timp cea mai bogată firmă de pe planetă, provocând falimentul unor întregi industrii precum cea a petrolului, a gazului, a cărbunelui și a energiei nucleare.

Lumea este inundată de energie gratuită, iar civilizația se îmbată cu această nou, descoperită putere. În timp ce toată lumea celebrează această mare realizare, un singur fizician este neliniștit. „De unde vine toată această energie gratuită?" se întreabă el. În cele din urmă, va descoperi secretul. Prețul acestei energii gratuite este unul teribil. Energia curge spre noi printr-o gaură din spațiu, care leagă universul nostru de unul paralel, iar influxul subit de energie în universul nostru declanșează o reacție în lanț, care în cele

92 Asimov, p. 12.

din urmă va distruge stelele și galaxiile, transformând soarele într-o supernova și, odată cu aceasta, distrugând și Pământul.

De când lumea, pentru inventatori, oameni de știință, precum și pentru șarlatani și scamatori celebrul „perpetuum mobile" — un dispozitiv care să funcționeze veșnic, fără vreo pierdere de energie — a reprezentat un adevărat Sfânt Potir. O versiune și mai bună ar fi un dispozitiv care să creeze *mai multă* energie decât consumă, cum ar fi Pompa Electronică, care creează energie gratuită, în cantități nelimitate.

În anii care urmează, pe măsură ce în lumea noastră industrializată se accentuează criza de petrol ieftin, se vor exercita presiuni uriașe pentru găsirea unor noi și abundente surse de energie „curată". Creșterea prețurilor la gaze, scăderea producției, poluarea tot mai accentuată, provocările atmosferice — toate stimulează un interes reînnoit și intens pentru energie.

Astăzi, câțiva inventatori animați de acest val de îngrijorare, promit să furnizeze cantități nelimitate de energie gratuită, oferindu-se să-și vândă invențiile pentru sute de milioane de dolari. Zeci de investitori stau la rând, periodic, atrași de aceste afirmații senzaționale din mediile financiare care îi elogiază adesea pe acești excentrici ca pe urmașii lui Edison.

Mașinile perpetuum mobile sunt foarte populare. Într-un episod din serialul *Simpsons*, intitulat „Asociația de părinți se desființează", Lisa își construiește propriul perpetuum mobile în timpul unei greve a profesorilor. Ceea ce-l face pe Homer să declare sever: „Lisa, vino aici... la noi în casă sunt repectate legile termodinamicii!"

În jocurile de computer *The Sims, Xenosaga Episodes I and II* și *Ultima VI: The False Prophet*, precum și

în programul Nickelodeon *Invader Zim*, mașinile de tip perpetuum mobile apar cu proeminență în acțiune.

Dar dacă energia e atât de prețioasă, atunci care este probabilitatea ca noi să creăm un perpetuum mobile? Sunt aceste dispozitive cu adevărat imposibile sau crearea lor va impune o revizuire a legilor fizicii?

ISTORIA VĂZUTĂ PRIN PRISMA ENERGIEI

Energia este vitală pentru civilizație. De fapt, toată istoria omenirii poate fi văzută prin lentilele energiei. Timp de 99,9 % din existența omenirii, societățile primitive erau nomade, abia trăind de azi pe mâine, hrănindu-se cu mortăciuni sau cu vânat. Energia pe care o aveam la dispoziție era o cincime dintr-un cal-putere, respectiv puterea mușchilor noștri. Analiza oaselor strămoșilor noștri prezintă dovezi ale unei uzuri și solicitări uriașe, provocate de povara zdrobitoare a supraviețuirii zilnice. Speranța de viață medie era mai mică de douăzeci de ani.

Dar după finalul ultimei glaciațiuni, cam cu zece mii de ani în urmă, oamenii au descoperit agricultura și au domesticit animalele, în special calul, crescând astfel energia aflată la dispoziția noastră la unu-doi cai-putere. Aceasta a pus în mișcare prima mare revoluție din istoria omenirii. Având la dispoziție un cal sau un bou, un om are suficientă energie ca să are un câmp întreg de unul singur, să parcurgă zeci de kilometri zilnic sau să mute dintr-un loc într-altul sute de kilograme de roci sau de grâne. Pentru prima oară în istorie, familiile aveau un surplus de energie, iar rezultatul a fost întemeierea primelor noastre cetăți. Excesul de energie însemna că societatea își putea permite să susțină o clasă

de artizani, de arhitecți, de constructori și scribi, și astfel a putut să înflorească civilizația antică. Curând, din jungle și deșert au răsărit imperiile și marile piramide. Speranța de viață medie a atins treizeci de ani.

Apoi, cam cu trei sute de ani în urmă, a avut loc a doua mare revoluție din istoria omenirii. Odată cu apariția mașinilor și a forței aburilor, energia aflată la dispoziția unei singure persoane a urcat brusc la zeci de cai-putere. Utilizând puterea locomotivei cu aburi, oamenii puteau acum să străbată continente întregi în câteva zile. Mașinile puteau să are câmpuri întregi, să transporte sute de pasageri cale de mii de kilometri și ne dădeau posibilitatea să construim orașe imense și impunătoare. Speranța medie de viață a ajuns, în jurul anului 1900, la cincizeci de ani în Statele Unite.

Astăzi ne aflăm în toiul celei de-a treia mari revoluții din istoria omenirii, revoluția informației. Din cauza exploziei demografice și a apetitului nostru nestăvilit pentru electricitate și energie, necesitățile noastre energetice au cunoscut o creștere exponențială, iar rezervele de energie sunt solicitate la maximum. Energia disponibilă unui singur individ este acum măsurată în mii de cai-putere. Luăm ca de la sine înțeles că un singur automobil poate genera sute de cai-putere. Deloc surprinzător, această cerere sporită de energie a declanșat interesul pentru surse mai bogate de energie, incluzând și mașinile de tip perpetuum mobile.

PERPETUUM MOBILE DE-A LUNGUL ISTORIEI

Instalațiile de tip perpetuum mobile au fost căutate din cele mai vechi timpuri. Prima încercare consemnată de documente de construire a unui perpetuum

mobile datează din secolul al VIII-lea, în Bavaria. A fost un prototip pentru sutele de variante care aveau să apară în următoarea mie de ani; se baza pe o serie de mici magneți atașați la o roată, asemenea unei roți Ferris. Roata era așezată deasupra unui magnet mult mai mare pe podea. Pe măsură ce fiecare magnet trecea pe deasupra magnetului staționar, se presupunea că este atras și apoi respins de magnetul mai mare, împingând, prin urmare, roata și creând o mișcare perpetuă.

Un alt proiect ingenios a fost pus la punct în 1150 de către filosoful indian Bhaskara, care a propus o roată ce avea să se rotească veșnic prin adăugarea unei greutăți pe margine, provocând rotirea datorită dezechilibrului astfel creat. Toată treaba urma să fie făcută de către greutate, care efectua o rotație completă și apoi revenea la poziția inițială. Reiterând această manevră la nesfârșit, Bhaskara susținea că se poate extrage energie nelimitată, gratuit.

Proiectul bavarezului și cel al lui Bhaskara pentru perpetuum mobile, precum și proiectele numeroșilor lor urmași au cu toate aceleași ingrediente: o roată de un fel sau altul, care poate efectua o singură rotație fără vreun aport energetic extern, producând în cursul mișcării lucru mecanic. (O examinare atentă a acestor mașini ingenioase demonstrează de regulă că, de fapt, se pierde energie în fiecare ciclu sau că nu se poate extrage nicio cantitate de lucru mecanic util.)

În perioada Renașterii, propunerile pentru mașinile perpetuum mobile s-au înmulțit. În 1635, a fost acordat primul patent pentru un perpetuum mobile. Până în 1712, Johann Bessler analizase circa trei sute de modele diferite și a propus un proiect propriu. (Conform legendei, ulterior, menajera a dezvăluit că mașina era o escrocherie.)

Până și marele pictor și om de știință renascentist Leonardo da Vinci a devenit interesat de aceste mașini. Cu toate că le-a denunțat în public, comparându-le cu căutările infructuoase ale pietrei filosofale, în particular el a conceput schițe ingenioase cu mașini autopropulsate, cu mișcare perpetuă, inclusiv o pompă centrifugă și un fel de rotisor automat, acționat de căldura degajată de un foc.

Până în anul 1775, au fost propuse atât de multe proiecte, încât Academia Regală de Științe din Paris a declarat că „nu va mai accepta și nici nu se va mai ocupa de propunerile privind mișcarea perpetuă".

Arthur Ord-Hume, un istoric al acestor mașini, a scris despre neostenitul devotament al acestor inventatori, care lucrau împotriva unor opreliști incredibile, comparându-i cu alchimiștii din vechime. Dar, observă el: „Chiar și alchimistul... știa când să se recunoască înfrânt".

ÎNȘELĂCIUNI ȘI ESCROCHERII

Motivația pentru producerea unui perpetuum mobile era atât de mare, încât înșelăciunile erau la ordinea zilei. În 1813, Charles Redheffer a expus la New York o mașină care uimea publicul, producând gratuit energie nelimitată. (Dar când Robert Fulton a examinat cu atenție mașina, a găsit o curea ascunsă din catgut, care punea mașina în mișcare. Cablul era la rândul lui în legătură cu un om ascuns în pivniță care rotea o manivelă.)

Oamenii de știință și inginerii, deopotrivă, s-au lăsat luați de valul entuziasmului pentru mașinile perpetuum mobile. În 1870, redactorii revistei *Scientific American* au fost păcăliți de o mașină construită de către E.P. Willis. Revista a publicat un articol cu titlul senzațional „Cea mai mare

descoperire făcută vreodată". Abia ulterior au descoperit investigatorii că mașina lui Willis era acționată de o sursă secretă de energie.

În 1872, John Ernst Warell Kelly a pus la cale cea mai spectaculoasă și mai lucrativă escrocherie din zilele sale, reușind să scoată de la investitori aproape cinci milioane de dolari, o sumă princiară pentru sfârșitul secolului al XIX-lea. Perpetuum mobile propus de el se baza pe niște diapazoane rezonante despre care el susținea că sunt racordate la „eter". Kelly, fără să aibă niciun fel de pregătire științifică, îi invita la el acasă pe bogații investitori și acolo îi uluia cu Motorul Vacuo-Hidro-Pneumatic-Pulsatoriu, care zumzăia de zor fără vreo sursă externă de energie. Năuciți de această mașină autopropulsată, investitorii s-au îngrămădit să-i umple „inventatorului" cuferele cu bani.

Ulterior, câțiva investitori dezamăgiți l-au acuzat mânioși de escrocherie și Kelly chiar a petrecut ceva timp la închisoare, dar a murit bogat. După trecerea lui în neființă, investigatorii au descoperit secretul isteț al mașinii sale. Când i-a fost dărâmată casa, au fost găsite în podeaua și pereții subsolului niște tuburi ascunse, care furnizau în secret aer comprimat pentru mașinile sale. La rândul lor, tuburile erau alimentate cu energie de o roată volantă.

Chiar și U.S. Navy și președintele Statelor Unite au fost cuceriți de o astfel de mașină. În 1881, John Gamgee a inventat o mașină cu amoniac lichid. Vaporizarea amoniacului rece crea gaze de expansiune care puneau în mișcare un piston și, mai departe, puteau fi acționate mașini utilizându-se doar căldura oceanelor. U.S. Navy a fost atât de captivată de ideea de a extrage energie nelimitată din oceane, încât a aprobat dispozitivul și chiar s-a făcut o demonstrație în fața președintelui James Garfield. Problema era că vaporii

nu condensau la rândul lor în lichid în mod corespunzător; în consecință, ciclul nu putea fi completat.

Atât de multe propuneri pentru perpetuum mobile au fost prezentate Oficiului pentru Patente și Mărci al Statelor Unite (USPTO), încât oficiul a refuzat să acorde vreun patent pentru un asemenea dispozitiv până la prezentarea unei machete funcționale. În anumite împrejurări rare, când cei care examinează propunerea de patent nu găsesc nimic evident greșit la o machetă, patentul se acordă. USPTO declară: „Exceptând cazurile care implică mișcarea perpetuă, Oficiul nu solicită, de regulă, o machetă pentru a se demonstra operabilitatea dispozitivului". (Această „fisură" a permis unor inventatori lipsiți de scrupule să-i convingă pe investitorii naivi să le finanțeze invențiile susținând că USPTO le-a recunoscut în mod oficial mașina.)

Totuși, căutarea mașinii perpetuum mobile n-a fost infructuoasă din perspectivă științifică. Dimpotrivă, cu toate că inventatorii n-au reușit să producă un perpetuum mobile, cantitățile enorme de timp și energie consumate pentru construirea unei asemenea mașini fabuloase i-au determinat pe fizicieni să studieze cu mare atenție natura motoarelor termice. (Într-o manieră similară, căutarea sterilă de către alchimiști a pietrei filosofale, care putea transforma plumbul în aur, i-a ajutat pe aceștia să descopere câteva dintre legile fundamentale ale chimiei.)

De exemplu, în anii șaizeci ai secolului al XVIII-lea, John Cox a construit un ceas care putea să funcționeze veșnic, acționat de schimbările de presiune atmosferică. Schimbările de presiune acționau un barometru care, la rândul său, rotea limbile ceasornicului. Ceasul acesta chiar a funcționat și există și în zilele noastre. El poate

funcționa veșnic, deoarece energia este extrasă din exterior, sub forma schimbărilor de presiune atmosferică.

Mașinile perpetuum mobile de tipul celei realizate de Cox i-au făcut în cele din urmă pe oamenii de știință să adopte ipoteza conform căreia asemenea mașini ar putea să funcționeze veșnic doar dacă energia ar fi adusă din afară, cu alte cuvinte, că energia totală se conservă. În cele din urmă, această teorie a condus la Prima Lege a Termodinamicii — și anume, cantitatea totală de materie și energie nu poate fi creată sau distrusă. În cele din urmă, au fost postulate trei legi ale termodinamicii. Conform legii a doua, cantitatea totală de entropie (dezordine) crește în permanență. (La un nivel rudimentar, conform acestei legi, căldura se deplasează spontan numai dinspre locurile calde spre cele reci.) Legea a treia spune că temperatura de zero absolut nu poate fi niciodată atinsă.

Dacă universul este comparat cu un joc, iar scopul acestui joc este de a extrage energie, atunci cele trei legi pot fi reformulate astfel:

„Nu poți obține ceva din nimic". (Prima Lege)
„Nu poți atinge starea de echilibru". (A Doua Lege)
„Nu poți nici măcar să ieși din joc". (A Treia Lege)

(Fizicienii au grijă să precizeze că aceste legi nu sunt în mod necesar absolut adevărate tot timpul. Cu toate acestea, nicio deviație n-a fost găsită vreodată. Oricine încearcă să dezaprobe aceste legi trebuie să meargă împotriva a secole de experimente științifice atent efectuate.)

Legile acestea, printre alte realizări de frunte ale științei secolului al XIX-lea, sunt marcate atât de tragedie, cât și de triumf. Una dintre personalitățile-cheie în formularea

acestor legi, marele fizician german Ludwig Boltzmann, s-a sinucis, parțial și din pricina controverse pe care a creat-o prin formularea acestor legi.

LUDWIG BOLTZMANN ȘI ENTROPIA

Boltzmann era un bărbat scund, bine legat, cu o barbă uriașă, de om al pădurilor. Totuși, înfățișarea sa formidabilă și feroce nu lăsa să se vadă toate rănile pe care le suferise apărându-și ideile. Cu toate că în secolul al XIX-lea fizica newtoniană era ferm împământenită, Boltzmann știa că aceste legi nu fuseseră niciodată aplicate riguros la controversatul concept al atomilor, un concept care continua să nu fie acceptat de mulți savanți de frunte. (Uităm adesea că până în urmă cu un secol existau numeroși oameni de știință care susțineau cu insistență că atomul nu era decât un truc deștept, nu o entitate reală. Atomii sunt atât de imposibil de mici, afirmau ei, încât probabil că nici măcar nu există.)

Newton a demonstrat că forțele mecanice, nu spiritele sau dorințele, sunt suficiente ca să determine mișcarea tuturor obiectelor. În continuare, Boltzmann a dedus în mod elegant multe dintre legile gazelor printr-o supoziție simplă: gazele sunt alcătuite din atomi minusculi care, asemenea bilelor de biliard, se supun legilor referitoare la forțe așa cum au fost formulate de către Newton. Pentru Boltzmann, o cameră plină cu gaz era ca o cutie umplută cu trilioane de bile din oțel minuscule, fiecare ciocnindu-se de pereți sau de celelalte bile în conformitate cu legile mișcării newtoniene. Într-una din capodoperele măreațe ale fizicii, Boltzmann (și, independent de el, James Clerk Maxwell) a demonstrat matematic cum această simplă supoziție poate

da naștere la niște legi noi uluitoare, inițiind totodată o nouă ramură a fizicii numită mecanica statistică.

Dintr-o dată, multe dintre proprietățile materiei puteau fi derivate din principii fundamentale. Dat fiind că legile lui Newton stipulau că energia trebuie să se conserve când se aplică la atomi, fiecare ciocnire între atomi se făcea cu conservarea energiei; asta însemna că în întreaga cameră ce conținea trilioane de atomi energia se conserva. Conservarea energiei putea fi acum stabilită nu doar prin intermediul experimentelor, ci din principii fundamentale, cu alte cuvinte, din mișcările newtoniene ale atomilor.

Dar în secolul al XIX-lea, existența atomilor era încă subiectul unor controverse aprinse, fiind adeseori ridiculizată de oameni de știință proeminenți, cum ar fi filosoful Ernst Mach. Fiind un om sensibil și cuprins adeseori de deprimare, Boltzmann s-a pomenit fără voia lui în postura de paratrăsnet, ținta atacurilor adesea răutăcioase ale antiatomiștilor. Pentru antiatomiști, tot ce nu putea fi măsurat nu exista, inclusiv atomii. Pentru ca umilirea lui Boltzmann să fie completă, multe dintre articolele sale erau respinse de editorul unei prestigioase reviste de fizică germane, deoarece editorul însuși susținea că atomii și moleculele nu erau decât niște instrumente teoretice convenabile, și nu niște obiecte care existau cu adevărat în natură.

Epuizat și amărât de toate atacurile personale, Boltzmann s-a spânzurat în 1906, în vreme ce soția și copiii ieșiseră pe plajă. Din păcate, el nu și-a dat seama că, doar cu un an în urmă, un tânăr fizician plin de tupeu, Albert Einstein, înfăptuise imposibilul: publicase primul articol care demonstra existența atomilor.

ENTROPIA TOTALĂ CREȘTE ÎNTOTDEAUNA

Realizările lui Boltzmann și ale altor fizicieni au ajutat la clarificarea naturii mașinilor de tip perpetuum mobile, sortându-le în două categorii. Mașinile perpetuum mobile din prima categorie erau acelea care încălcau Prima Lege a Termodinamicii; cu alte cuvinte, ele produc, de fapt, mai multă energie decât consumă. În toate cazurile, fizicienii au constatat că acest tip de perpetuum mobile se baza pe surse externe ascunse de energie, fie prin înșelătorie, fie pentru că inventatorul nu-și dădea seama de respectiva sursă externă de energie.

Mașinile perpetuum mobile din a doua categorie sunt mai subtile. Ele respectă Prima Lege a Termodinamicii — conservarea energiei — dar încalcă Legea a Doua. Teoretic, o mașină perpetuum mobile din a doua categorie nu produce niciun pic de căldură reziduală, așadar are un randament de 100%.[93] Totuși Legea a Doua spune că o astfel de mașină este imposibilă — respectiv, că întotdeauna trebuie să se producă o căldură reziduală — și, în consecință, dezordinea sau haosul din univers, ori entropia, crește întotdeauna. Oricât de eficientă ar fi o mașină, ea va produce întotdeauna o cantitate cât de mică de căldură reziduală, crescând prin urmare entropia universului.

Faptul că entropia totală crește întotdeauna stă la baza istoriei umane precum și a mamei natură. În conformitate cu Legea a Doua, este mult mai ușor să distrugi decât să construiești. Ceva pentru crearea căruia a fost nevoie de mii de ani, cum ar fi marele Imperiu Aztec din Mexic, poate fi distrus în câteva luni; și chiar asta s-a

---

93 Unii au obiectat, susținând teoria conform căreia creierul omenesc, reprezentând probabil cel mai complex obiect creat vreodată de mama natură în sistemul nostru solar, încalcă Legea a Doua. Creierul omenesc, constând în peste 100 de miliarde de neuroni, este neîntrecut în complexitate de orice s-ar putea găsi pe o rază de 38 de trilioane de kilometri, până la cea mai apropiată stea. Dar cum ar putea fi această imensă reducere a entropiei compatibilă cu Legea a Doua, întreabă ei. Evoluția însăși pare să încalce Legea a Doua. Răspunsul la această ipoteză este că scăderea de entro-

întâmplat când o bandă de conchistadori spanioli scăpați de sub control, având la dispoziție cai și arme de foc, au distrus complet acel imperiu.

De fiecare dată când ne uităm în oglindă și vedem un nou rid sau un fir alb de păr, observăm, de fapt, efectele Legii a Doua. Biologii ne spun că procesul de îmbătrânire constituie acumularea treptată a erorilor genetice din celulele și genele noastre, astfel încât capacitatea de funcționare a celulelor se deteriorează lent. Îmbătrânirea, ruginirea, putrezirea, descompunerea, dezintegrarea și prăbușirea — toate sunt exemple ale Legii a Doua.

Reflectând asupra naturii profunde a Legii a Doua, astronomul Arthur Eddington a spus cândva: „Legea conform căreia entropia crește întotdeauna deține, după părerea mea, poziția supremă printre legile Naturii... dacă se constată că teoria ta încalcă a doua lege a termodinamicii, nu ai nicio speranță; nu se mai poate face nimic pentru acea teorie decât să se scufunde în cea mai profundă umilință".

Chiar și astăzi, ingineri întreprinzători (și șarlatani deștepți) continuă să anunțe inventarea unor mașini perpetuum mobile. De curând, am fost rugat de către cei de la *Wall Street Journal* să comentez asupra realizării unui inventator care reușise să-i convingă pe investitori să îngroape câteva milioane de dolari în mașina sa. Articole pline de entuziasm au fost scrise de către jurnaliști fără pic de pregătire științifică, sporovăind de zor despre potențialul acestei invenții de a schimba lumea (și de a genera profituri fabuloase în acest proces). „Geniu sau trăsnit" — titrau ziarele.

---

pie provocată de dezvoltarea organismelor superioare, inclusiv oamenii, s-a produs pe seama creșterii entropiei totale altundeva. Scăderea entropiei create de evoluție este mai mult decât echilibrată de creșterea de entropie din mediul înconjurător; cu alte cuvinte, entropia luminii solare care ajunge pe Pământ. Crearea creierului omenesc prin intermediul evoluției nu scade entropia, scăderea cu pricina fiind mai mult decât compensată de haosul pe care îl creăm (de exemplu, poluarea, căldura reziduală, încălzirea globală etc.).

Investitorii au „aruncat“ sume enorme de bani în acest dispozitiv, care încălca cele mai elementare legi ale fizicii și ale chimiei învățate la școală. (Pentru mine nu a fost șocant faptul că o persoană a încercat să-i păcălească pe cei lipsiți de vigilență — asta se întâmplă de când lumea. Surprinzătoare a fost ușurința cu care acest inventator i-a păcălit pe investitorii plini de bani, numai din cauza neînțelegerii de către aceștia a fizicii elementare.) Le-am repetat celor de la *Wall Street Journal* proverbul: „Prostul e foarte ușor de despărțit de banii lui“ și celebrul dicton al lui P. T. Barnum: „În fiecare minut se naște câte-un fraier“. Probabil că nu e surprinzător faptul că *Financial Times, Economist* și *Wall Street Journal* au publicat toate articole cu diferiți inventatori care-și fac reclamă mașinilor perpetuum mobile.

CELE TREI LEGI ȘI SIMETRIILE

Dar din toate acestea ia naștere o întrebare mai profundă: De ce legile de fier ale termodinamicii sunt respectate, în primul rând? Este un mister care i-a intrigat pe oamenii de știință încă de când au fost propuse aceste legi. Dacă am putea răspunde la acea întrebare, poate că am fi în stare să găsim fisuri în legi, iar explicațiile ar fi zguduitoare.

În timpul studiilor postuniversitare, am rămas fără grai în ziua când, în sfârșit, am aflat adevărata origine a conservării energiei. Unul dintre principiile fundamentale ale fizicii (descoperit de matematicianul Emmy Noether în 1918) spune că, ori de câte ori un sistem posedă simetrie, rezultatul este o lege de conservare. Dacă legile universului

rămân neschimbate de-a lungul timpului, atunci, rezultatul uluitor este că sistemul conservă energie. (Mai mult, dacă legile fizicii rămân aceleași atunci când ne deplasăm în orice direcție, impulsul se conservă și el în orice direcție. Iar dacă legile fizicii rămân aceleași în timpul rotației, atunci momentul unghiular se conservă.)

Pentru mine, a fost ceva năucitor. Mi-am dat seama că atunci când analizăm lumina stelară de la galaxii îndepărtate, aflate la miliarde de ani-lumină, la marginea universului vizibil, constatăm că spectrul luminii este identic cu spectrele găsite pe Pământ. În lumina reminiscentă, care a fost emisă cu miliarde de ani înainte ca Pământul sau Soarele să se fi născut, noi vedem aceeași inconfundabilă „amprentă" a spectrului hidrogenului, al heliului, al carbonului, al neonului și așa mai departe, pe care îl găsim pe Pământ în zilele noastre. Cu alte cuvinte, legile fundamentale ale fizicii nu s-au schimbat de miliarde de ani și rămân constante până la marginile universului.

Ca o consecință minimă, mi-am dat eu seama, teorema lui Noether înseamnă că această conservare a energiei va dura probabil miliarde de ani, dacă nu veșnic. Din câte cunoaștem, niciuna dintre legile fundamentale ale fizicii nu s-a schimbat în timp, și tocmai acesta e motivul pentru care energia se conservă.

Implicațiile teoremei lui Noether asupra fizicii moderne sunt profunde. Ori de câte ori fizicienii creează o nouă teoremă, fie că e vorba de originea universului, de interacțiunile dintre cuarcuri și alte particule subatomice, sau de antimaterie, ei încep cu simetriile cărora sistemul li se supune. De fapt, simetriile sunt acum cunoscute ca fiind principiul călăuzitor fundamental în crearea oricărei noi teorii. În trecut, se credea că simetriile ar fi produse

secundare ale unei teorii — o trăsătură simpatică, dar în ultimă instanță inutilă, a teoriei, drăguță, dar neesențială. Astăzi, ne dăm seama că simetriile sunt o trăsătură esențială, care definește orice teorie. Când creează noi teorii, fizicienii încep cu simetria și pe urmă construiesc teoria în jurul acesteia.

(Din păcate, Emmy Noether, ca și Boltzmann înaintea ei, a trebuit să ducă o luptă crâncenă pentru recunoaștere. Fiind femeie, i s-a refuzat un post permanent într-o instituție de frunte din cauza sexului. Mentorul lui Noether, marele matematician David Hilbert, a fost atât de necăjit pentru că nu a reușit să-i găsească o catedră permanentă lui Noether, încât a exclamat: „Ce suntem noi, o universitate sau o societate de lingușire reciprocă?“)

Ceea ce dă naștere unei întrebări tulburătoare. Dacă energia se conservă, deoarece legile fizicii nu se schimbă cu timpul, atunci ar fi posibil ca, în circumstanțe rare, neobișnuite, această simetrie să fie încălcată? Există încă posibilitatea ca această conservare a energiei să fie violată la o scară cosmică, dacă simetria legilor noastre este încălcată în locuri exotice și neașteptate.

O modalitate prin care acest lucru s-ar putea întâmpla ar fi dacă legile fizicii ar varia cu timpul sau s-ar schimba cu distanța. (În romanul lui Asimov, *Zeii înșiși*, această simetrie era încălcată, deoarece exista în spațiu o gaură care conecta universul nostru cu unul paralel. Legile fizicii se schimbă în vecinătatea găurii din spațiu, permițând, prin urmare, o încălcare a legilor termodinamicii. În consecință, conservarea energiei ar putea fi încălcată dacă ar exista găuri în spațiu, cu alte cuvinte, găuri de vierme.)

O altă fisură aprig controversată astăzi este dacă energia poate apărea din nimic.

ENERGIE DIN VID?

O întrebare tentantă ar fi dacă e posibil să extragem energie din nimic. Abia de puțină vreme fizicienii și-au dat seama că „nimicul" din vidul cosmic nu e gol deloc, ci este plin de activitate.

Unul dintre susținătorii acestei idei a fost geniul excentric al secolului XX, Nikola Tesla, un demn rival al lui Thomas Edison[94]. El a fost totodată unul dintre partizanii energiei punctului-zero, cu alte cuvinte, ideea conform căreia vidul ar putea poseda cantități nebănuite de energie. Dacă e adevărat, vidul ar putea fi „prânzul gratuit" suprem, capabil să asigure cantități nelimitate de energie literalmente din aerul rarefiat. Vidul, în loc să fie considerat gol și lipsit de orice materie, ar deveni depozitul final de energie.

Tesla s-a născut într-un orășel de pe teritoriul Serbiei de astăzi și a ajuns în Statele Unite în 1884, fără niciun ban. Curând, a devenit asistentul lui Thomas Edison,

---

94 Totuși, Tesla a fost în același timp o figură tragică, care s-a lăsat înșelată de sumele de bani câștigate de pe urma numeroaselor sale patente și invenții care au netezit calea pentru apariția revoluției radioului, a televiziunii și a telecomunicațiilor. (În orice caz, noi, fizicienii, am asigurat condițiile ca numele lui Tesla să nu fie uitat. Unitatea de măsură pentru magnetism îi poartă numele. 1 tesla este egal cu 10 000 de gauss sau aproximativ de douăzeci de mii de ori intensitatea câmpului magnetic al Pământului.)

Astăzi, el este în mare parte uitat, exceptând faptul că afirmațiile sale cele mai excentrice au devenit subiecte de discuție pentru adepții teoriei conspirației, sporind zestrea legendelor urbane. Tesla credea că poate să comunice cu formele de viață de pe Marte, că poate să ducă la bun sfârșit teoria unificată a câmpului lăsată neterminată de Einstein, să despice Pământul în două ca pe un măr, să pună la punct o radiație mortală care să distrugă zece mii de avioane de la o distanță de 400 de kilometri. (Pentru că i-a luat foarte în serios lăudăroșeniile cu privire la radiația mortală, după moartea sa, FBI-ul i-a confiscat mare parte din însemnări și din echipamentul de laborator, o parte dintre acestea fiind ținute la secret și astăzi.)

Tesla s-a aflat în culmea celebrității în 1931, când a ajuns pe prima pagină a revistei *Time*. Obișnuia să-și uimească în mod regulat publicul, dezlănțuind uriașe fulgere luminoase, ce conțineau milioane de volți de energie electrică, lăsându-i pe spectatori cu gura căscată. Nenorocirea lui Tesla a fost provocată de nepriceperea sa notorie de a-și administra treburile financiare și juridice. Având de luptat cu hoardele de avocați care-i reprezentau pe abia născuți giganți ai energiei electrice de astăzi, Tesla a pierdut controlul asupra celor mai importante patente ale sale. De asemenea, a început să manifeste semnele unei afecțiuni cunoscute astăzi sub numele de tulbu-

dar, datorită inteligenței sale deosebite, a ajuns să-i fie rival. Într-o celebră competiție, pe care istoricii au numit-o „Războiul Curenților", Tesla a concurat împotriva lui Edison. Edison credea că poate electrifica lumea cu motoarele sale de curent continuu, în vreme ce Tesla a fost inițiatorul curentului alternativ și a demonstrat cu succes că metodele sale erau mult superioare celor ale lui Edison și presupuneau pierderi de energie semnificativ mai mici la transportul pe distanțe mari. Astăzi, întreaga planetă este electrificată pe baza patentelor lui Tesla, nu ale lui Edison.

Numărul invențiilor și patentelor lui Tesla se ridică la peste șapte sute și conțin câteva dintre cele mai importante pietre de hotar din istoria modernă a electricității. Istoricii au demonstrat în mod credibil că Tesla a inventat radioul înaintea lui Guglielmo Marconi (recunoscut de toată lumea ca inventatorul radioului) și că lucra cu razele X înainte ca ele să fie descoperite în mod „oficial" de către Wilhelm Roentgen. (Atât Marconi, cât și Roentgen vor primi mai târziu Premiul Nobel pentru descoperiri făcute, probabil, de Tesla cu câțiva ani mai devreme.)

Tesla mai credea că poate extrage energie nelimitată din vid, o afirmație pe care, din nefericire, nu a reușit s-o demonstreze în însemnările sale. La prima vedere, „energia punctului-zero" (sau energia conținută în vid) pare să încalce Prima Lege a Termodinamicii. Cu toate că energia punctului-zero sfidează mecanica newtoniană, noțiunea de energie a punctului-zero a reapărut recent dintr-o nouă direcție.

Analizând datele primite de la sateliții aflați în prezent pe orbita terestră, cum ar fi satelitul WMAP, oamenii de știință au ajuns la uluitoarea concluzie că nu mai puțin de 73% din univers este alcătuit din „energie neagră", adică,

---

rare obsesiv-compulsivă, fiind obsedat de numărul „trei". Ulterior, a devenit paranoic, ajungând să trăiască în sărăcie în hotelul New Yorker, temându-se să nu fie otrăvit de dușmani, și abia reușea să scape de creditori. A murit în sărăcie lucie la vârsta de optzeci și șase de ani, în 1943.

energia vidului pur. Aceasta înseamnă că rezervorul cel mai mare de energie din întreg universul este vidul care separă galaxiile în univers. (Această energie neagră este atât de colosală, încât îndepărtează galaxiile unele față de altele și s-ar putea ca, în cele din urmă, să rupă universul în bucăți, ceea ce ar duce la Marele Îngheț.)

Energia neagră este pretutindeni în univers, chiar și în sufrageria voastră sau înăuntrul corpului vostru. Cantitatea de energie neagră din spațiul cosmic este cu adevărat astronomică, depășind cantitativ toată energia cumulată a stelelor și a galaxiilor. Putem, de asemenea, calcula cantitatea de energie neagră de pe Pământ, iar aceasta este foarte mică, prea mică pentru a fi folosită la acționarea unui perpetuum mobile. Tesla a avut dreptate în privința energiei negre, dar s-a înșelat în estimarea cantității de energie neagră de pe Terra.

Sau nu?

Unul din golurile cele mai stânjenitoare din fizica modernă este faptul că nimeni nu poate calcula cantitatea de energie neagră pe care o putem măsura cu ajutorul sateliților noștri. Dacă folosim ultima teorie a fizicii atomice pentru a calcula cantitatea de energie neagră din univers, ajungem la un număr care este eronat cu un factor de 10^{120}! Adică 1 urmat de 120 de zerouri! Aceasta este de departe cea mai mare discrepanță dintre teorie și experiment din toată fizica.

Problema e că nimeni nu știe cum să calculeze „energia din nimic". Aceasta e una dintre problemele cele mai importante din fizică (pentru că, în cele din urmă, va determina soarta universului), dar în prezent habar nu avem cum s-o calculăm. Nicio teorie nu poate explica energia neagră, cu toate că dovezile experimentale privind existența ei se află chiar în fața noastră.

Așadar, vidul are energie, după cum bănuia Tesla. Dar cantitatea de energie este probabil prea mică pentru a fi folosită ca sursă de energie utilizabilă. Există uriașe cantități de energie neagră între galaxii, dar cantitatea ce poate fi găsită pe Pământ este infimă. Numai că, adevărul stingheritor este că nimeni nu știe cum să calculeze această energie și nici de unde vine ea.

În opinia mea, conservarea energiei are motivații profunde, cosmologice. Orice încălcare a acestor legi ar determina o schimbare profundă a modului cum înțelegem noi evoluția universului. Iar misterul energiei negre îi obligă pe fizicieni la o abordare frontală a acestei probleme.

Întrucât crearea unui adevărat perpetuum mobile ar putea să ne oblige la o reevaluare a legilor fundamentale ale fizicii la o scară cosmologică, aș include aceste mașini în categoria imposibilităților de clasa a III-a; altfel spus, ori sunt cu adevărat imposibile, ori vom avea nevoie să ne schimbăm radical modul cum înțelegem fizica fundamentală la scară cosmologică, pentru a face posibile astfel de mașini. Energia neagră rămâne unul dintre marile capitole neterminate ale științei moderne.

IMPOSIBILITĂȚI DE CLASA A III-A

15. PRECOGNIȚIA

Un paradox este un adevăr care stă în cap ca să atragă atenția.

NICHOLAS FALLETTA

Există oare precogniția sau vederea în viitor? Acest concept antic este prezent în toate religiile, mergând până la oracolele grecilor și romanilor și până la profeții Vechiului Testament. Dar în aceste povești, darul profeției poate fi și un blestem. În mitologia greacă, se cunoaște povestea Cassandrei, fiica regelui Troiei. Frumusețea ei a atras atenția zeului soare Apollo. Ca să-i câștige favorurile, Apollo i-a dăruit capacitatea de a vedea viitorul. Dar Cassandra a respins avansurile lui Apollo. Cuprins de mânie, Apollo a adus un amendament la darul său, astfel încât Cassandra să poată vedea viitorul, dar nimeni să n-o creadă. Astfel, când Cassandra i-a prevenit pe locuitorii Troiei cu privire la soarta lor iminentă, nimeni nu i-a dat ascultare. A prezis șiretlicul cu Calul Troian, moartea lui Agamemnon, ba chiar și propriul ei deces, dar în loc să ia aminte, troienii au crezut-o nebună și au încarcerat-o.

Nostradamus, în secolul al XVI-lea, și mai recent Edgar Cayce, au afirmat că pot să ridice vălul timpului. Cu toate că mulți au susținut că predicțiile lor s-au adeverit (de exemplu, prezicând corect al Doilea Război Mondial, asasinarea lui J.F. Kennedy și prăbușirea comunismului), modul obscur, alegoric în care mulți dintre acești vizionari și-au consemnat versurile permite o multitudine de interpretări contradictorii. Catrenele lui Nostradamus,

de exemplu, sunt atât de generale, încât se poate desluși aproape orice în ele (și chiar așa s-a întâmplat). Într-unul dintre catrene se spune:

Flăcări cutremurătoare din centrul lumii vuiesc:
În jurul „Noului Oraș" Pământul freamătă
Doi nobili vor purta un război lung și steril
Nimfa izvoarelor toarnă un râu nou, roșu.

Unii au afirmat că acest catren dovedește că Nostradamus a prezis incendierea Turnurilor Gemene din New York, pe 11 septembrie 2001. Totuși, de-a lungul secolelor, zeci de alte interpretări au fost date aceluiași catren. Imaginile sunt atât de vagi, încât sunt posibile numeroase interpretări.

Precogniția este, de asemenea, și un fenomen preferat de către dramaturgii care scriu despre moartea iminentă a regilor și prăbușirea imperiilor. În piesa *Macbeth*, de Shakespeare, precogniția ocupă un loc central în tema piesei și în ambițiile lui Macbeth, acesta întâlnind trei vrăjitoare care îi prezic ascensiunea până la tronul Scoției. Cu ambițiile criminale ațâțate de profeția vrăjitoarelor, el începe o campanie sângeroasă și îngrozitoare de anihilare a inamicilor săi, nedându-se în lături de la uciderea nevinovatei soții și a copiilor rivalului său, Macduff.

După ce a pus mâna pe coroană prin comiterea unor fapte oribile, Macbeth află de la vrăjitoare că nu poate fi bătut în luptă sau „nu va fi-nvins decât când fi-va Pornit din Birnam, codrul, împotriva Colinei nalte de la Dunsinane" și că „să-nvingă pe Macbeth nu-i este dat niciunui ins născut dintr-o femeie".[95] Această profeție are darul de a-l liniști pe Macbeth, dat fiind că o pădure nu se poate mișca și toți

95 William Shakespeare, *Macbeth*, Editura Univers, 1988, traducere de Ion Vinea. (*N.r.*)

oamenii se nasc din femei. Numai că marele codru de la Birnam se mișcă în momentul când oștenii lui Macduff se camuflează cu crengi rupte din pădure și avansează către pozițiile lui Macbeth, iar Macduff însuși este născut prin cezariană.

Cu toate că profețiile din trecut au atât de multe interpretări alternative, și din acest motiv sunt imposibil de verificat, un set de profeții este ușor de analizat: predicțiile referitoare la data precisă a sfârșitului Pământului — ziua Judecății de Apoi. Încă de când ultimul capitol al Bibliei, Cartea Revelațiilor (Apocalipsa) a descris cu detalii impresionante ultimele zile ale Pământului, când haosul și dezastrul vor însoți sosirea lui Antihrist și Cea de-a doua Venire, finală, a lui Iisus, fundamentaliștii au încercat să prezică data exactă a Sfârșitului Lumii.

Una dintre cele mai cunoscute predicții a fost făcută de astrologii care au prezis că un mare potop va aduce sfârșitul lumii pe 20 februarie 1524, bazându-se pe conjuncția tuturor planetelor din ceruri: Mercur, Venus, Marte, Jupiter și Saturn. Panica a pus stăpânire pe întreaga Europă. În Anglia, douăzeci de mii de oameni și-au părăsit casele disperați. În jurul bisericii St. Bartholomew a fost construită o fortăreață în care s-au depozitat alimente și apă pentru două luni. Pe teritoriul Germaniei și al Franței, oamenii au început să construiască cu febrilitate arce de mari dimensiuni ca să poată înfrunta potopul. Contele Von Iggleheim s-a pregătit pentru acest eveniment epocal construindu-și o arcă imensă, cu trei niveluri. Dar când data anunțată a sosit în sfârșit, n-a avut loc decât o ploaie ușoară. Starea de spirit a mulțimii s-a schimbat subit de la frică la mânie. Oamenii care și-au vândut toate bunurile și și-au întors viața cu susul în jos s-au simțit păcăliți. Mulțimile

furioase au început să scape de sub control. Contele a fost ucis cu pietre și sute de oameni și-au găsit moartea călcați în picioare de mulțimea înnebunită.

Creștinii nu sunt singurii atrași de profeție. În 1648, Sabbatai Zevi, fiul unui evreu înstărit din Smyrna, s-a autoproclamat Mesia și a prezis că sfârșitul lumii va avea loc în 1666. Chipeș, charismatic și bine pregătit în textele mistice ale Cabalei, el a reușit să adune în scurt timp un grup de adepți extrem de loiali, care au răspândit vestea în toată Europa. În primăvara lui 1666, evreii din Franța, Olanda, Germania și Ungaria au început să-și facă bagajele și să asculte de chemarea Mesiei lor. Dar nu după mult timp, în același an, Zevi a fost arestat de către marele vizir al Constantinopolelui și aruncat în lanțuri. Confruntat cu o posibilă condamnare la moarte, el s-a lepădat de hainele evreiești, a adoptat turbanul turcesc și s-a convertit la Islam. Câteva zeci de mii dintre adepții lui devotați au părăsit cultul profund deziluzionați.

Profețiile clarvăzătorilor au și astăzi rezonanță, influențând viețile a zeci de milioane de oameni din lumea largă. În Statele Unite, William Miller a declarat că sfârșitul lumii va avea loc pe data de 3 aprilie 1843. În timp ce vestea privind profeția sa se răspândea pe teritoriul Statelor Unite, o spectaculoasă ploaie de meteoriți a avut loc întâmplător într-o noapte din 1833, una dintre cele mai mari de acest fel, sporind și mai mult influența profeției lui Miller.

Zeci de mii de adepți devotați, care-și ziceau milleriți, au așteptat sosirea Armaghedonului. Când anul 1843 a trecut fără să aducă cu el sfârșitul lumii, mișcarea milleriților s-a divizat în mai multe grupuri mari. Datorită numărului uriaș de adepți care aderaseră la mișcarea milleriților, fiecare dintre aceste grupuri secesioniste va avea

un impact major asupra religiei chiar și în zilele noastre. O mare parte a mișcării milleriților s-a regrupat în 1863 și și-a schimbat denumirea în Biserica Adventistă de Ziua a Șaptea, care are astăzi circa 14 milioane de membri botezați. Elementul central al credinței lor este iminența celei de-A Doua Veniri a lui Iisus.

Un alt grup rupt din mișcarea milleriților a deviat ulterior spre opera lui Charles Taze Russell, care a amânat Ziua Judecății de Apoi spre 1874. Când și această dată a trecut, el și-a revizuit previziunea, bazându-se pe analiza marilor piramide din Egipt, oprindu-se de data asta la anul 1914. Acest grup avea să se numească mai târziu Martorii lui Jehova, având circa șase milioane de membri.

Alte segmente ale mișcării millerite au continuat să facă predicții, având drept consecință precipitarea altor divizări de fiecare dată când predicțiile nu s-au adeverit. Un mic grup secesionist al milleriților a fost numit Ramura Davidienilor; ei s-au separat de adventiștii de ziua a șaptea în anii treizeci ai secolului trecut. Au înființat o comună de mici dimensiuni în Waco, Texas, care a căzut sub influența charismatică a unui tânăr preot, pe numele său David Koresh, care vorbea în stare de transă hipnotică despre sfârșitul lumii. Acel grup și-a găsit un aprig sfârșit în confruntarea tragică cu FBI-ul din 1993, când un infern devastator a mistuit complexul, incinerând 76 de membri, din care 21 de copii, precum și pe Koresh.

PUTEM PREVEDEA VIITORUL?

Se poate demonstra prin teste științifice riguroase că unii oameni pot să vadă viitorul? În capitolul 12 am văzut că o călătorie în timp poate fi în concordanță cu

legile fizicii, dar pentru o civilizație avansată, de tip III. Dar este precogniția posibilă astăzi, pe Pământ?

Teste complexe desfășurate la Centrul Rhine par să sugereze că unii oameni pot să vadă viitorul; cu alte cuvinte, ei pot identifica niște cărți de joc înainte ca acestea să fie arătate. Dar experimente repetate au demonstrat că efectul este foarte mic și adeseori dispare când alții încearcă să duplice rezultatele.

De fapt, precogniția este greu de reconciliat cu fizica modernă, deoarece violează principiul cauzalității, legea cauzei și a efectului. Efectele apar după cauze și nu invers. Toate legile fizicii care au fost descoperite până în prezent au o cauzalitate intrinsecă. O încălcare a cauzalității ar semnala o prăbușire de proporții a fundamentelor fizicii. Mecanica newtoniană este ferm bazată pe cauzalitate. Legile lui Newton sunt atât de atotcuprinzătoare, încât, dacă am cunoaște viteza și poziția tuturor moleculelor din univers, am putea calcula mișcările viitoare ale acestor atomi. Astfel, viitorul este calculabil. În principiu, mecanica newtoniană afirmă că dacă am avea un computer îndeajuns de mare, am putea calcula toate evenimentele viitoare. După Newton, universul este ca un ceas gigantic, întors de Dumnezeu la începutul timpului și măsurând de atunci timpul, în conformitate cu legile Lui. În teoria newtoniană nu e loc pentru precogniție.

ÎNAPOI ÎN TIMP

Totuși, când discutăm teoria lui Maxwell, scenariul devine mult mai complicat. Când rezolvăm ecuațiile lui Maxwell pentru lumină, găsim nu una, ci două soluții: o undă „întârziată“, care reprezintă mișcarea standard a

luminii dintr-un punct în altul; dar mai avem și o undă „avansată", unde fasciculul de lumină se duce înapoi în timp. Această soluție avansată vine din viitor și ajunge în trecut!

Timp de o sută de ani, când inginerii întâlneau această soluție „avansată", care merge înapoi în timp, pur și simplu o dădeau la o parte ca pe o curiozitate matematică. Dat fiind că undele întârziate preziceau cu atâta exactitate comportamentul radiodului, al cuptoarelor cu microunde, al televiziunii, al radarului și al razelor X, soluția avansată a fost pur și simplu aruncată pe fereastră. Undele întârziate aveau o frumusețe atât de spectaculoasă și explicau cu atâta succes toate fenomenele amintite, încât inginerii le-au ignorat pur și simplu pe gemenele urâte. De ce să riști să schimbi ceva care are succes?

Dar pentru fizicieni, unda avansată a fost o problemă sâcâitoare în ultimul secol. Dat fiind că ecuațiile lui Maxwell se numără printre pilonii de rezistență ai epocii moderne, orice soluție a acestor ecuații trebuie luată foarte în serios, chiar dacă asta presupune acceptarea undelor din viitor. Părea că va fi imposibil să se ignore complet undele avansate din viitor. De ce să ne dea natura, la acest nivel absolut fundamental, o soluție atât de bizară? Era doar o glumă nemiloasă sau avea un înțeles mai profund?

Misticii au început să se intereseze de aceste unde avansate, speculând că ele ar apărea ca niște mesaje din viitor. Probabil că dacă am putea cumva să stăpânim aceste unde, am putea fi în stare să trimitem mesaje înapoi în trecut și, prin urmare, să prevenim generațiile anterioare cu privire la evenimentele ce aveau să vină. De exemplu, am putea trimite un mesaj către bunicii noștri din anul 1929, prevenindu-i să-și vândă toate acțiunile înainte de Marele Crah. Aceste unde avansate nu ne-ar permite să ne

vizităm părinții în persoană, ca în călătoria în timp, dar ne-ar permite să trimitem scrisori și mesaje în trecut, ca să-i alertăm pe oameni cu privire la evenimentele-cheie care nu se vor fi produs încă.

Undele avansate au rămas un mister până când au fost studiate de către Richard Feynman, care a fost interesat de ideea de a merge înapoi în timp. După ce a lucrat la Proiectul Manhattan, în cadrul căruia s-a construit prima bombă atomică, Feynman a plecat de la Los Alamos și s-a dus la Universitatea Princeton, pentru a lucra sub conducerea lui John Wheeler. Analizând lucrările inițiale ale lui Dirac privind electronul, Feynman a descoperit ceva foarte straniu. Dacă inversa pur și simplu direcția timpului în ecuația lui Dirac, ecuația rămânea aceeași dacă inversa în același timp și sarcina electronului. Cu alte cuvinte, un electron care se deplasează înapoi în timp este același lucru cu un antielectron care se deplasează înainte în timp! În mod normal, un fizician matur ar putea să respingă această interpretare, numind-o un simplu truc, o prestidigitație matematică fără niciun înțeles. Să mergi înapoi în timp nu părea să aibă niciun sens, și totuși ecuațiile lui Dirac erau clare asupra acestui punct. Altfel spus, Feynman descoperise motivul pentru care natura îngăduise aceste soluții „retroactive“: ele reprezentau mișcarea antimateriei. Dacă ar fi fost un fizician mai vârstnic, Feynman ar fi putut să arunce pe fereastră această soluție. Dar fiincdă abia își definitiva studiile postuniversitare, a decis să-și urmărească până la capăt această curiozitate.

Continuând să aprofundeze această enigmă, tânărul Feynman a observat ceva și mai straniu. În mod normal, dacă un electron se ciocnește cu un antielectron, aceștia se anihilează reciproc și dau naștere unei radiații

gamma. El a desenat acest lucru pe o foaie de hârtie: două obiecte care se ciocnesc și se transformă într-o explozie energetică.

Dar apoi, dacă inversezi sarcina antielectronului, el devine un electron obișnuit care se deplasează înapoi în timp. Se poate deci redesena aceeași diagramă cu săgeata timpului inversată. Acum apare ca și cum electronul se deplasa înainte în timp și deodată decide brusc să-și schimbe direcția. Electronul a făcut o întoarcere de 180 de grade în timp și acum se duce înapoi în timp, eliberând o „salvă" energetică în cadrul acestui proces. Cu alte cuvinte, este *același* electron. Procesul de anihilare electron-antielectron nu era decât același electron care decide să se deplaseze înapoi în timp.

Așadar, Feynman a dezvăluit adevăratul secret al antimateriei: *e doar materie obișnuită care se deplasează înapoi în timp*. Această simplă observație explica imediat enigma faptului că toate particulele aveau parteneri antiparticule: se întâmplă așa deoarece toate particulele se pot deplasa înapoi în timp și, în consecință, se pot deghiza în antimaterie. (Această interpretare este echivalentă cu „marea lui Dirac", menționată anterior, dar e mai simplă și este explicația larg acceptată astăzi.)

Acum, să spunem că avem o bucată de antimaterie care se ciocnește cu materia obișnuită, creând o uriașă explozie. Sunt anihilați acum trilioane de electroni și trilioane de antielectroni. Dar dacă inversăm direcția săgeții pentru antielectron, transformându-l într-un electron ce se deplasează înapoi în timp, ar însemna că același electron se mișcă du-te vino de trilioane de ori.

A mai existat un rezultat ciudat: în bucata de materie trebuie să existe doar un singur electron. Același electron s-a deplasat cu repeziciune înainte și înapoi,

zigzagând în timp. De fiecare dată când efectua o întoarcere de 180 de grade, se transforma într-un alt electron.

(Împreună cu îndrumătorul său de doctorat, John Wheeler, Feynman a speculat în continuare că, probabil, întreg universul consta dintr-un singur electron, care zigzaghează înainte și înapoi în timp. Să ne imaginăm că din haosul Big Bangului inițial a fost creat doar un singur electron. Trilioane de ani mai târziu, acest singur electron va întâlni în cele din urmă cataclismul Zilei de Apoi, moment în care va face o întoarcere de 180 de grade și va elibera o radiație gama în cursul acestui proces. După care se va întoarce la Big Bangul inițial și acolo va efectua altă întoarcere de 180 de grade. În continuare, electronul va efectua repetate deplasări în zigzag, înainte și înapoi, de la Big Bang la Ziua de Apoi. Universul nostru din secolul XXI este doar o felie de timp din această călătorie a electronului, în care vedem trilioane de electroni și antielectroni, cu alte cuvinte, universul vizibil. Oricât de stranie ar putea să pară această teorie, ea va explica un fapt curios din teoria cuantică: de ce toți electronii sunt identici. În fizică, nu poți să lipești etichete pe electroni. Nu există electroni verzi sau electroni Johnny. Electronii nu au individualitate. Nu poți să „marchezi“ un electron, așa cum uneori oamenii de știință „marchează“ animalele din sălbăticie ca să le poată studia. Poate că motivul este faptul că întregul univers constă din același electron, care sare înainte și înapoi în timp.)

Dar dacă antimateria este o materie obișnuită care se deplasează înapoi în timp, atunci este posibil să trimitem un mesaj în trecut? Este posibil să-ți trimiți numărul de azi al unui ziar înapoi în trecut, astfel încât să poți să dai lovitura la bursă?

Răspunsul este nu.

Dacă tratăm antimateria doar ca pe o altă formă exotică de materie și apoi efectuăm un experiment cu antimateria, atunci nu există încălcări ale cauzalității. Cauza rămâne aceeași cu efectul. Dacă acum inversăm săgeata timpului pentru antielectron, trimițându-l înapoi în timp, atunci nu vom fi efectuat decât o operație matematică. Fizica rămâne aceeași. Nimic nu s-a schimbat din punct de vedere fizic. Toate rezultatele experimentale rămân aceleași. Așa încât este absolut legitim să vedem electronul ca deplasându-se înainte și înapoi în timp. Dar de fiecare dată când electronul se întoarce în timp, nu face decât să împlinească trecutul. Așa încât pare că soluții avansate din viitor sunt într-adevăr necesare pentru a avea o teorie cuantică coerentă, dar în cele din urmă ele nu violează cauzalitatea. (De fapt, fără aceste bizare unde avansate, cauzalitatea ar fi încălcată în teoria cuantică. Feynman a demonstrat că, dacă adăugăm contribuția undelor avansate și întârziate, constatăm că termenii care ar putea viola cauzalitatea se anulează în mod precis. Astfel, antimateria este esențială pentru conservarea cauzalității. Fără antimaterie, cauzalitatea s-ar putea să se prăbușească.)

Feynman a continuat să cerceteze germenul acestei idei nebunești până când a înflorit în cele din urmă într-o teorie cuantică completă a electronului. Creația sa, electrodinamica cuantică (QED), a fost verificată experimental până la o parte din 10 miliarde, făcând-o una dintre cele mai precise teorii din toate timpurile. Ea i-a adus lui și colegilor săi, Julian Schwinger și Sin-Itiro Tomonaga, Premiul Nobel în 1965.

(În discursul de acceptare a Premiului Nobel, Feynman a spus că în tinerețe s-a îndrăgostit cu

impulsivitate de aceste unde avansate din viitor, așa cum te îndrăgostești de o fată frumoasă. Astăzi, fata aceea frumoasă s-a maturizat într-o femeie adultă și este mama multor copii. Unul dintre acei copii este teoria sa a electrodinamicii cuantice.)

TAHIONI DIN VIITOR

În afară de undele avansate din viitor (care și-au dovedit utilitatea de nenumărate ori în cadrul teoriei cuantice), există un alt concept bizar din teoria cuantică ce pare la fel de trăsnit, dar probabil că nu e tot atât de util. Este vorba de „tahioni", care apar în mod regulat în *Star Trek*. Ori de câte ori scenariștii serialului au nevoie de un tip nou de energie capabilă să înfăptuiască cine știe ce operație magică, ei apelează la tahioni.

Tahionii trăiesc într-o lume stranie, în care totul se deplasează mai rapid decât lumina. Cu cât pierd mai multă energie, cu atât se deplasează mai rapid, ceea ce contrazice bunul simț. De fapt, dacă își pierd întreaga energie, ei se deplasează cu viteză infinită. Pe de altă parte, câștigând energie, tahionii încetinesc până când ating viteza luminii.

Ceea ce-i face pe tahioni atât de stranii este faptul că vin cu o masă imaginară. (Prin „imaginar" înțelegem că masa lor a fost multiplicată cu radical din minus 1 sau „i".) Dacă luăm celebrele ecuații ale lui Einstein și înlocuim „m" cu „im", se întâmplă ceva miraculos. Dintr-o dată, particulele se deplasează mai repede decât lumina.

Acest rezultat dă naștere unor situații stranii. Dacă un tahion se deplasează prin materie, el pierde energie deoarece se ciocnește cu atomii. Dar pierzând energie, accelerează, ceea ce sporește ciocnirile cu atomii. Aceste

ciocniri îl facă să piardă și mai multă energie, în consecință tahionii accelerează și mai mult. Cum astfel s-a creat un cerc vicios, tahionul atinge în mod natural viteză infinită prin mijloace proprii!

(Tahionii sunt diferiți de antimaterie și de materia negativă. Antimateria are energie pozitivă, se deplasează la viteze mai mici decât cea a luminii și poate fi creată în acceleratoarele noastre de particule. Sub acțiunea gravitației, cade normal, în jos, conform teoriei. Antimateria corespunde materiei obișnuite care se deplasează înapoi în timp. Materia negativă are energie negativă și, la fel, se deplasează mai încet decât lumina, dar sub acțiunea gravitației „cade" sus. Materia negativă n-a fost niciodată descoperită în laborator. În cantități mari, teoretic, ea poate fi folosită pentru propulsarea unor mașini ale timpului. Tahionii se deplasează mai repede decât lumina și au masă imaginară; nu este clar dacă, sub acțiunea gravitației, cad jos sau sus. Nici ei nu au fost descoperiți în laborator.)

Oricât ar fi de bizari, tahionii au fost studiați cu seriozitate de către fizicieni, inclusiv de regretatul Gerald Feinberg, de la Universitatea Columbia, și George Sudarshan, de la Universitatea Texasului din Austin. Problema este că nimeni n-a văzut vreodată un tahion în laborator. Dovada experimentală esențială pentru tahioni ar fi o încălcare a cauzalității. Feinberg chiar a sugerat ca fizicienii să studieze un fascicul laser înainte de a fi pornit. Dacă tahionii există, atunci poate că lumina fasciculului laser ar putea fi detectată chiar înainte ca aparatul să fie pornit.

În povestirile de science-fiction, tahionii sunt folosiți în mod obișnuit pentru trimiterea mesajelor înapoi în timp, pentru clarvăzători. Dar dacă se examinează fizica fenomenului, nu este limpede dacă e posibil. Feinberg, de

exemplu, credea că emisia unui tahion care să se deplaseze înainte în timp este identică cu absorbția unui tahion cu energie negativă care merge înapoi în timp (similar cu situația referitoare la antimaterie) și, în consecință, nu are loc nicio încălcare a cauzalității.

Lăsând la o parte science-fictionul, astăzi, interpretarea modernă a tahionilor este că aceștia se poate să fi existat în momentul Big Bangului, încălcând cauzalitatea, dar că acum nu mai există. De fapt, se poate ca ei să fi jucat un rol esențial în a face universul să facă „bang". În acest sens, tahionii sunt esențiali pentru unele teorii legate de Big Bang.

Tahionii au o proprietate neobișnuită. Când sunt introduși în orice teorie, ei destabilizează „vidul", adică, cea mai joasă stare energetică a unui sistem. Dacă un sistem are tahioni, el se află într-un „vid fals", astfel încât sistemul este instabil și va „decădea" până la starea de vid adevărat.

Gândiți-vă la un dig care ține apa într-un lac. Acesta este „vidul fals". Cu toate că digul pare perfect stabil, există o stare energetică mai joasă decât digul. Dacă apare o fisură în dig și apa iese vijelios prin spărtură, sistemul atinge vidul adevărat în timp ce apa curge către nivelul mării.

În mod similar, se crede că, înainte de Big Bang, universul a început într-un vid fals, în care existau tahioni. Dar prezența tahionilor însemna că aceea nu era starea de energie cea mai joasă și, în consecință, sistemul era instabil. O mică „fisură" a apărut în țesătura spațiu-timpului, reprezentând vidul adevărat. Pe măsură ce fisura s-a mărit, a apărut o bulă. În exteriorul bulei, tahionii continuă să existe, dar în interiorul acesteia toți tahionii au dispărut. Pe măsură ce bula se expandează, găsim universul așa cum îl cunoaștem, fără tahioni. Acesta este Big Bangul.

O teorie luată foarte în serios de către cosmologi este aceea conform căreia un tahion, numit „inflation", a declanșat procesul inițial al inflației. Așa cum am menționat anterior, teoria universului inflaționar afirmă că universul a început ca o bulă minusculă de spațiu-timp care a trecut printr-o perioadă de expansiune superrapidă. Fizicienii cred că universul a început într-o stare de vid fals, în care câmpul inflaționar era un tahion. Dar prezența tahionului a destabilizat vidul și astfel s-au format bule minuscule. Înăuntrul uneia dintre aceste bule, câmpul inflaționar a ajuns într-o stare de vid adevărat. Bula aceea a început apoi să se umfle rapid, până când a devenit universul nostru. Înăuntrul universului nostru de tip bulă, inflația a dispărut, așa încât nu mai poate fi detectată în universul nostru. Prin urmare, tahionii reprezintă o stare cuantică bizară în care obiectele se deplasează mai rapid decât lumina și poate chiar violează cauzalitatea. Dar ei au dispărut cu mult timp în urmă și probabil că ei au dat naștere universului însuși.

Toate acestea pot părea niște speculații neîntemeiate, care nu pot fi dovedite experimental. Dar teoria vidului fals va avea parte de primul test experimental începând din 2008, atunci când va fi pornit Marele Accelerator de Hadroni de lângă Geneva. Unul dintre scopurile principale ale acestui experiment este găsirea „bosonului Higgs", ultima particulă din cadrul Modelului Standard, cea rămasă încă nedescoperită. Este ultima piesă a acestui joc de puzzle complex. (Particula Higgs este atât de importantă și, în același timp, atât de dificil de găsit, încât laureatul Premiului Nobel Leon Lederman a denumit-o „particula lui Dumnezeu".)

Fizicienii cred că, la origine, bosonul Higgs a fost un tahion. În vidul fals, niciuna dintre particulele

subatomice nu are masă. Dar prezența sa a destabilizat vidul, iar universul a făcut tranziția la un nou vid, în care bosonul Higgs s-a transformat într-o particulă obișnuită. După tranziția de la tahion la particulă obișnuită, particulele subatomice au început să aibă masele pe care astăzi le putem măsura în laborator. Astfel, descoperirea bosonului Higgs nu numai că va completa ultima piesă a Modelului Standard, dar va constitui și verificarea faptului că starea de tahion a existat cândva, după care bosonul s-a transformat într-o particula obișnuită.

În concluzie, precogniția este exclusă de fizica newtoniană. Regula de fier a cauzei și efectului nu este niciodată încălcată. În teoria cuantică, sunt posibile noi stări ale materiei, cum ar fi antimateria, care corespunde unei „materii" asociate cu curgerea inversă a timpului, dar nici în acest caz cauzalitatea nu este încălcată. De fapt, într-o teorie cuantică, antimateria este esențială pentru restabilirea cauzalității. La prima vedere, tahionii par să încalce cauzalitatea, dar fizicienii cred că adevăratul lor scop a fost să declanșeze Big Bangul, motiv pentru care ei nu mai sunt observabili acum.

Prin urmare, precogniția pare a fi exclusă, cel puțin pentru viitorul previzibil, ceea ce o include printre imposibilitățile de clasa a III-a. Dacă s-ar dovedi, prin experimente reproductibile, că precogniția există, fundamentele fizicii moderne ar fi serios zdruncinate.

EPILOG

VIITORUL IMPOSIBILULUI

Nu există nimic atât de mare sau atât de nebunesc, încât măcar una dintr-un milion de societăți tehnologice să nu se simtă îndemnată să-l facă, cu condiția să fie fizic posibil.

FREEMAN DYSON

Destinul nu ține de șansă, ci de alegere. Nu e un lucru pe care să-l aștepți, e un lucru pe care să-l realizezi.

WILLIAM JENNINGS BRYAN

Există oare adevăruri care vor scăpa mereu înțelegerii noastre? Există domenii ale cunoașterii care vor rămâne dincolo de capabilitățile fie și ale unei civilizații avansate? Dintre toate tehnologiile analizate în cuprinsul acestei cărți, doar mașinile perpetuum mobile și precogniția intră în categoria imposibilităților de clasa a III-a. Există și alte tehnologii care să fie la fel de imposibile?

Matematica pură abundă în teoreme care demonstrează că anumite lucruri sunt cu adevărat imposibile. Un exemplu simplu îl constituie faptul că e imposibilă trisectarea unui unghi doar cu ajutorul unui compas și al unei rigle; acest lucru s-a demonstrat încă din 1837.

Chiar și în sisteme simple precum aritmetica există imposibilități. Așa cum am menționat anterior, este imposibil să demonstrezi toate afirmațiile adevărate din aritmetică doar cu postulatele aritmeticii. Aritmetica este

incompletă. Întotdeauna vor exista în aritmetică afirmații adevărate, care nu vor putea fi demonstrate decât dacă trecem la un sistem mult mai mare care să includă aritmetica printre „submulțimile" sale.

Cu toate că unele lucruri din matematică sunt imposibile, în științele fizice este întotdeauna periculos să declari că un fapt este absolut imposibil. Să ne aducem aminte de discursul ținut de laureatul Premiul Nobel din 1894, Albert A. Michelson, discurs dedicat Laboratorului de Fizică Ryerson de la Universitatea din Chicago, în care a declarat că era imposibil să se mai descopere ceva nou în fizică: „Toate legile fundamentale și adevărurile importante ale științei fizice au fost descoperite și sunt atât de bine împământenite, încât posibilitatea ca acestea să fie vreodată înlocuite ca urmare a unor noi descoperiri este extrem de îndepărtată... Viitoarele noastre descoperiri trebuie căutate la a șasea zecimală".

Remarcile sale au fost pronunțate chiar în preajma unora dintre cele mai mari revoluții din istoria științei, revoluția cuantică din 1900 și revoluția relativistă din 1905. Adevărul este că lucrurile care sunt imposibile astăzi violează legile cunoscute ale fizicii, dar legile fizicii, așa cum le cunoaștem, se pot schimba.

În 1825, marele filosof francez Auguste Comte scria în al său *Cours de Philosophie* că este imposibl ca știința să determine din ce sunt făcute stelele. În acel moment, părea să fie un pariu câștigat sigur, căci nu se știa nimic despre natura stelelor. Erau atât de îndepărtate, încât era imposibil să fie vizitate. Și totuși, la doar câțiva ani după ce a făcut această afirmație, fizicienii (cu ajutorul spectroscopiei) au declarată că soarele este alcătuit din hidrogen. De fapt, știm acum că analizând liniile spectrale emise de către stele

cu miliarde de ani în urmă este posibil să determinăm natura chimică a celei mai mari părți a universului.

Comte a provocat lumea științei alcătuind o listă de alte „imposibilități“:

• A susținut că „structura ultimă a corpurilor trebuie să depășească întotdeauna cunoștințele noastre“. Cu alte cuvinte, este imposibil să cunoaștem adevărata natura a materiei.

• El credea că matematica nu va putea fi folosită niciodată pentru explicarea biologiei și a chimiei. Era imposibil, susținea el, să reduci aceste științe la matematică.

• El considera că era imposibil ca studierea corpurilor cerești să aibă vreun impact asupra vieții omenirii.

În secolul al XIX-lea era justificat să propui aceste „imposibilități“, dat fiind că se știau atât de puține despre științele fundamentale. Nu se știa aproape nimic despre tainele materiei și ale vieții. Dar astăzi avem o teorie atomică, care a deschis un întreg nou domeniu al cercetării științifice în structura materiei. Știm despre ADN și despre teoria cuantică, cele ce au dezvăluit secretele vieții și ale chimiei. Mai știm despre ciocnirile cu meteoriți veniți din spațiul cosmic, care nu numai că au influențat cursul vieții de pe Pământ, dar chiar au modelat existența omenirii pe Pământ.

Astronomul John Barrow observă undeva: „Istoricii continuă să contrazică sugestia conform căreia ideile lui Comte au fost parțial responsabile pentru declinul ulterior al științei în Franța“.[96]

Matematicianul David Hilbert, respingând afirmațiile lui Comte, scria: „După părerea mea, adevăratul

96 Barrow, *Impossibility*, p. 47.
97 Barrow, *Impossibility*, p. 209.

motiv pentru care Comte n-a găsit o problemă nerezolvabilă constă în faptul că nu există probleme nerezolvabile".[97]

Dar astăzi, unii oameni de știință au formulat un nou set de imposibilități: nu vom ști niciodată ce s-a întâmplat înainte de Big Bang (sau de ce a făcut „bang", în primul rând), și nu vom definitiva niciodată o „teorie a tuturor lucrurilor".

Fizicianul John Wheeler a comentat prima problemă „imposibilă" când a scris: „În urmă cu două sute de ani, puteai să întrebi pe oricine «Vom putea vreodată înțelege cum a apărut viața?» și ți-ar fi spus: «Absurd! Imposibil!» Același lucru îl simt și eu cu privire la întrebarea: «Vom înțelege vreodată cum a apărut universul?»"[98]

Astronomul John Barrow adaugă: „Viteza cu care se deplasează lumina este limitată și tot așa este, în consecință, cunoașterea noastră privind structura Universului. Nu putem să știm dacă este finit sau infinit, dacă a avut un început sau dacă va avea un sfârșit, dacă structura fizicii este aceeași pretutindeni sau dacă Universul este, în ultimă instanță, un loc ordonat sau dezordonat... Toate marile întrebări privind natura Universului — de la începuturile sale până la sfârșit — se dovedesc a fi fără răspuns".[99]

Barrow are dreptate când spune că nu vom cunoaște niciodată, cu certitudine absolută, adevărata natură a universului, în toată măreția sa. Dar este posibil să deslușim treptat aceste întrebări eterne și să ajungem ademenitor de aproape. În loc să reprezinte limitele absolute ale cunoașterii noastre, aceste „imposibilități" ar putea fi mai bine considerate ca provocările care-i așteaptă pe oamenii de știință ai generațiilor viitoare. Aceste limite sunt asemenea crustei de pe plăcintă, menită a fi străpunsă.

---

98 Pickover, p. 192.
99 Barrow, *Impossibility*, p. 250.

DETECTAREA EREI DE DINAINTE DE BIG BANG

În cazul Big Bangului, se construiește o nouă generație de detectoare care ar putea da răspuns la o parte dintre aceste întrebări eterne. Astăzi, detectoarele noastre de radiații din spațiul cosmic pot măsura doar radiațiile din gama microundelor care au fost emise la 300 000 de ani după Big Bang, când s-au format primii atomi. Este imposibil să folosim aceste microunde pentru a sonda mai devreme de 300 000 de ani după Big Bang, dat fiind că radiația de la mingea de foc inițială era prea fierbinte și prea aleatorie ca să conțină informație utilă.

Dar dacă analizăm alte tipuri de radiație, s-ar putea să reușim să ne apropiem mai mult de Big Bang. Urmărirea neutrinilor, de exemplu, ar putea să ne ducă mai aproape de momentul Big Bangului (neutrinii sunt atât de „alunecoși", încât ar putea străbate un întreg sistem solar alcătuit din plumb solid). Radiația neutrinică ne-ar putea aduce la doar câteva secunde de Big Bang.

Dar probabil că secretul ultim al Big Bangului ni-l va dezvălui examinarea „undelor gravitaționale", unde care se deplasează de-a lungul țesăturii spațiu-timpului. După cum spune fizicianul Rocky Kolb, de la Universitatea din Chicago: „Măsurând proprietățile radiației de fond neutrino putem să aruncăm o privire înapoi în timp până la o secundă după Big Bang. Dar undele gravitaționale provenite din aria de inflație sunt reminiscențe ale universului la 10^{-35} secunde după marea explozie![100]

Existența undelor gravitaționale a fost prima oară prezisă de către Einstein în 1916; în cele din urmă, s-ar putea să devină cea mai importantă sondă din astronomie.

---

100 Rocky Kolb, *New Scientist Magazine*, 18 noiembrie 2006, p. 44.

În perspectivă istorică, de fiecare dată când s-a reușit stăpânirea unei noi forme de radiație, s-a deschis o nouă eră în astronomie. Prima formă de radiație a fost lumina vizibilă, folosită de Galileo Galilei la cercetarea sistemului solar. A doua formă au constituit-o undele radio, care ne-au permis până la urmă să sondăm centrele galaxiilor pentru a găsi găurile negre. Detectoarele de unde gravitaționale s-ar putea să ne dezvăluie secretele creației.

Într-un anume sens, undele gravitaționale trebuie să existe. Pentru a vedea asta, să ne gândim la întrebarea străveche: ce se întâmplă dacă soarele dispare dintr-odată? În conformitate cu legile newtoniene, noi am simți imediat efectele unui astfel de fenomen. Pământul ar fi aruncat numaidecât de pe orbită și ar ajunge în întunericul etern. Asta deoarece legea gravitației newtoniene nu ia în considerare viteza și, în consecință, forțele acționează instantaneu în întreg universul. Dar, după Einstein, nimic nu poate să se miște mai rapid decât lumina, așa încât ar dura opt minute până când informația privind dispariția soarelui să ajungă pe Pământ. Cu alte cuvinte, o „undă de șoc" gravitațională sferică va părăsi soarele și va ajunge în cele din urmă pe Pământ. În exteriorul acestei sfere de unde gravitaționale, ar părea că soarele continuă să strălucească normal, pentru că informația despre dispariția soarelui nu va fi ajuns la Pământ. În interiorul sferei de unde gravitaționale, totuși soarele va fi dispărut deja, căci unda de șoc gravitațională aflată în expansiune se deplasează cu viteza luminii.

O altă cale de a vedea de ce undele gravitaționale trebuie să existe este să vizualizăm un cearșaf de pat de mari dimensiuni. În conformitate cu Einstein, spațiu-timpul este o țesătură care poate fi deformată sau întinsă, asemenea

unui cearșaf de pat curbat. Dacă apucăm un cearșaf și-l scuturăm rapid, vedem că undele încrețesc suprafața cearșafului și se deplasează cu o viteză finită. În același mod, undele gravitaționale pot fi văzute ca niște unde ce călătoresc de-a lungul țesăturii spațiu-timpului.

Undele gravitaționale sunt printre cele mai dinamice subiecte din fizica zilelor noastre. În 2003, au devenit operaționale primele detectoare de unde gravitaționale de scară mare, denumite LIGO (*Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory* — Observator de unde gravitaționale prin interferometrie laser), măsurând 4 kilometri în lungime și situați unul în Hanford, Washington, iar celălalt în Livingston Parish, Louisiana. Se speră că LIGO (care au costat 365 de milioane de dolari) să reușească să detecteze radiația provenită de la stelele neutronice aflate în coliziune cu găurile negre.

Următorul salt gigantic va avea loc în 2015, când o întreagă nouă generație de sateliți va fi lansată pentru a analiza radiația gravitațională din spațiul cosmic venită din momentul creației. Cei trei sateliți care alcătuiesc LISA (Laser Interferometer Space Antenna — Antena Spațială cu Interferometrie Laser), un proiect comun al NASA și European Space Agency, vor fi trimiși pe orbită în jurul soarelui. Acești sateliți vor fi capabili să detecteze undele gravitaționale emise la mai puțin de o trilionime de secundă după Big Bang. Dacă o undă gravitațională provenită de la Big Bang, care încă mai circulă prin univers, lovește unul dintre sateliți, va devia fasciculele laser, iar această deviere va putea fi apoi măsurată cu precizie, dându-ne „imagini incipiente" ale momentului creației.

LISA constă din trei sateliți care se rotesc în jurul soarelui, aranjați în triunghi, toți fiind conectați prin

fascicule laser lungi de aproape 5 milioane de kilometri, ceea ce-l face să fie cel mai mare instrument științific creat vreodată. Acest sistem din trei sateliți se afla pe orbita solară la o distanță de aproape 50 de milioane de kilometri de Pământ.

Fiecare satelit va emite un fascicul laser cu puterea de doar o jumătate de watt. Comparând fasciculele laser provenite de la ceilalți doi sateliți, fiecare satelit va fi în măsură să construiască un model de interferență luminoasă. Dacă o undă gravitațională deviază fasciculele laser, va modifica și modelul de interferență, iar satelitul va fi în măsură să detecteze această deviere. (Unda gravitațională nu face sateliții să vibreze. Ea creează realmente o distorsiune în spațiul dintre cei trei sateliți.)

Cu toate că fasciculele laser sunt foarte slabe, precizia lor va fi uluitoare. Ele vor fi în măsură să detecteze vibrații în limita unei părți la un miliard de trilioane, corespunzând unei modificări de 1/100 din dimensiunea unui atom. Fiecare fascicul laser va fi capabil să detecteze o undă gravitațională de la o distanță de 9 miliarde de ani-lumină, ceea ce acoperă cea mai mare parte a universului vizibil.

LISA are sensibilitatea necesară pentru a face diferența dintre mai multe scenarii „ante-Big Bang". Unul dintre cele mai interesante subiecte ale fizicii teoretice de astăzi este calcularea caracteristicilor universului de dinainte de Big Bang. În prezent, modelul inflaționist reușește să descrie destul de bine cum a evoluat universul din momentul în care Marea Explozie a avut loc. Dar același model nu poate explica de ce a avut loc respectiva Mare Explozie. Țelul este să se folosească aceste modele speculative ale erei de dinainte de Big Bang pentru a se calcula radiația gravitațională emisă de Big Bang. Fiecare

dintre diferitele teorii pre-Big Bang face predicții diferite. De exemplu, radiația Big Bang prezisă de către teoria Big Splat diferă de radiația prognozată de unele dintre teoriile inflaționiste, așa încât s-ar putea ca LISA să fie în măsură să excludă câteva dintre aceste teorii. Evident, aceste modele ante-Big Bang nu pot fi testate direct, dat fiind că ele implică înțelegerea universului înainte de crearea timpului însuși, dar putem să le testăm indirect, întrucât fiecare dintre aceste teorii prezice că după Big Bang a fost emis un spectru diferit de energie.

Fizicianul Rip Thorne scria: „Undeva între 2008 și 2030, undele gravitaționale provenite din singularitatea Big Bang vor fi descoperite. Va urma o eră care va dura până în 2050... Aceste eforturi vor dezvălui detalii intime ale singularității Big Bang și, prin urmare, vor demonstra că o anumită versiune a teoriei stringurilor este teoria cuantică gravitațională corectă".[101]

Dacă LISA nu va reuși să diferențieze diferitele teorii ante-Big Bang, succesorul ei, Observatorul Big Bang (BBO) s-ar putea s-o facă. Lansarea acestuia este programată, provizoriu, pentru 2025. BBO va fi capabil să scaneze întregul univers în căutarea tuturor sistemelor sale binare alcătuite din stele neutronice și găuri negre cu masa mai mică decât o miime din masa soarelui. Dar scopul lui principal este să analizeze undele gravitaționale emise în timpul fazei inflaționiste a Big Bangului. În acest sens, BBO este proiectat anume să sondeze previziunile teoriei inflaționiste Big Bang.

BBO este întru câtva similar ca proiect cu LISA. El va consta din trei sateliți care se deplasează împreună pe o orbită solară, fiind separați reciproc prin distanțe de 50 000 de kilometri (vor fi mult mai apropiați decât sateliții LISA).

101 Hawking, p. 136.

Fiecare satelit va fi capabil să emită un fascicul laser de 300 de wați. BBO va fi capabil să sondeze undele gravitaționale având frecvențele cuprinse între LIGO și LISA, umplând o breșă importantă. (LISA poate detecta undele gravitaționale de la 10 la 3 000 de hertzi, în vreme ce LIGO le poate detecta pe cele având frecvențele între 10 microhertzi și 10 milihertzi. BBO va detecta frecvențe care includ ambele domenii.)

„Până în 2040 vom fi folosit acele legi [ale gravitației cuantice] pentru a produce răspunsuri temeinice la întrebări profunde și enigmatice", scrie Thorne, „inclusiv... Ce a fost înainte de singularitatea Big Bang sau a existat măcar ceva numit „înainte"? Mai există și alte universuri? Și dacă da, cum sunt ele înrudite cu sau legate de universul nostru? Permit legile fizicii unor civilizații avansate să creeze și să mențină găuri de vierme pentru călătoriile interstelare, sau să creeze mașini ale timpului pentru călătoriile înapoi în timp?[102]

Adevărul e că în următoarele câteva decenii ar trebui să obținem suficiente informații de la detectoarele de unde gravitaționale pentru a diferenția între diferitele teorii ante-Big Bang.

SFÂRȘITUL UNIVERSULUI

Poetul T.S. Eliot a pus întrebarea: Universul va muri cu o explozie răsunătoare sau cu un scâncet? Robert Frost s-a întrebat: Vom muri în flăcări sau înghețați? Ultimele dovezi indică faptul că universul moare într-un Mare Îngheț, în care temperaturile vor ajunte aproape de zero absolut și întreaga viață inteligentă va pieri. Dar putem să fim siguri?

Unii au pus o altă întrebare „imposibilă". Cum vom cunoaște vreodată soarta finală a universului, când acest eveniment se va produce abia peste câteva trilioane de ani?

<?>102 Barrow, *Impossibility*, p. 143.

Oamenii de știință cred că „energia întunecată“ sau energia vidului pare să îndepărteze galaxiile între ele la o viteză tot mai mare, indicând faptul că universul pare să se afle în modul de funcționare „pe fugă“. O asemenea expansiune va micșora temperatura universului și în cele din urmă va duce la Marele Îngheț. Dar este această expansiune temporară? S-ar putea ea inversa în viitor?

De exemplu, în scenariul Big Splat, în care două membrane se ciocnesc și creează universul, s-ar părea că membranele se pot ciocni periodic. Dacă așa stau lucrurile, expansiunea care pare să ducă la Marele Îngheț este doar o stare temporară care se va inversa la un moment dat.

Ceea ce generează accelerația curentă a universului este energia întunecată, care, la rândul ei este probabil provocată de „constanta cosmologică“. Prin urmare, este esențial să înțelegem această constantă misterioasă sau energia vidului. Această constantă variază oare cu timpul sau este cu adevărat o constantă? În prezent, nimeni nu știe sigur. Știm de la satelitul WMAP, aflat în prezent pe orbită terestră, că această constantă cosmologică pare să genereze accelerația curentă a universului, dar nu știm dacă este sau nu permanentă.

Problema aceasta este, de fapt, una veche, datând din 1916, când Einstein a introdus pentru prima oară constanta cosmologică. La scurt timp după ce a propus relativitatea generală (anul precedent), el a calculat implicațiile cosmologice ale propriei teorii. Spre marea sa surprindere, el a constatat că universul este dinamic, că acesta fie se extinde, fie se contractă. Dar această idee părea să contrazică datele.

Einstein se confrunta cu paradoxul Bentley, care l-a zăpăcit chiar și pe Newton. Încă în 1692, reverendul

Richard Bentley îi scria lui Newton o scrisoare inocentă în care-i punea o întrebare tulburătoare. Dacă gravitația lui Newton era întotdeauna atractivă, întreba Bentley, de ce universul nu colapsează? Dacă universul constă într-o mulțime finită de stele care se atrag reciproc, atunci stelele ar trebui să se apropie unele de altele și universul ar trebui să colapseze într-o minge de foc! Newton a fost profund tulburat de această scrisoare, întrucât scotea în evidență un defect esențial al teoriei sale gravitaționale: *orice teorie a gravitației care este atractivă este în mod inerent instabilă.* Orice mulțime finită de stele va colapsa inevitabil sub acțiunea gravitației.

Newton i-a răspuns spunând că singura cale de a crea un univers stabil era să ai o mulțime infinită și uniformă de stele, în care fiecare dintre stele este atrasă în mod egal în toate direcțiile, astfel încât toate forțele să se anuleze. Era o soluție inteligentă, dar Newton era îndeajuns de deștept ca să-și dea seama că o astfel de stabilitate era înșelătoare. Ca la un castel din cărți de joc, cea mai mică vibrație ar fi provocat prăbușirea întregului edificiu. Era ceva „metastabil", adică, avea o stabilitate temporară până când cea mai mică perturbație îi provoca prăbușirea. Newton a tras concluzia că era nevoie ca, periodic, Dumnezeu să împingă puțin stelele, astfel încât universul să nu se prăbușească.

Cu alte cuvinte, Newton vedea universul ca pe un ceas gigantic, „întors" de Dumnezeu la începutul timpului și supunându-se legilor lui Newton. De atunci, el ticăia în mod automat, fără vreo intervenție divină. Totuși conform lui Newton, Dumnezeu era necesar să ajusteze din când în când stelele, astfel încât universul să nu colapseze într-o mare minge de foc.

Când Einstein a întâlnit paradoxul lui Bentley în 1916, ecuațiile sale îi spuneau corect că universul era

dinamic — fie în expansiune, fie în contracție — și că un univers static era instabil și se va prăbuși din cauza gravitației. Dar astronomii insistau în acel moment că universul este static și neschimbător. Așa încât Einstein, supunându-se observațiilor astronomilor, a adăugat constanta cosmologică, o forță antigravitațională care îndepărtează stelele între ele pentru a echilibra atracția gravitațională ce ar fi dus la colapsul universului. (Această forță antigravitațională corespundea energiei conținute în vid. În această imagine, chiar și imensa pustietate a spațiului cosmic conține mari cantități de energie invizibilă.) Această constantă trebuia să fie aleasă cu mare precizie pentru a anula forța atractivă a gravitației.

Ulterior, când Edwin Hubble a demonstrat în 1929 că, de fapt, universul se extinde, Einstein va declara că această constantă cosmologică era „cea mai mare gafă" a sa. Și totuși acum, după șaptezeci de ani, se pare că „gafa" lui Einstein, constanta cosmologică, ar putea fi de fapt cea mai mare sursă de energie din univers, constituind 73% din conținutul de materie-energie al universului. (Prin contrast, elementele cele mai abundente care alcătuiesc corpurile noastre constituie abia 0,03% din univers.) Este probabil ca gafa lui Einstein să determine soarta ultimă a universului.

Dar de unde provine această constantă cosmologică? În prezent, nimeni nu știe. La începutul timpului, forța antigravitațională era probabil îndeajuns de mare pentru a provoca umflarea universului, generând Big Bangul. Apoi a dispărut subit, din motive necunoscute. (Universul a continuat să se extindă în această perioadă, dar într-un ritm mai lent.) Și deodată, cam la opt milioane de ani după Big Bang, forța antigravitațională a reapărut, provocând galaxiile să se îndepărteze una de cealaltă, iar universul să accelereze din nou.

Așadar, este „imposibil" să determinăm soarta finală a universului? Probabil că nu. Majoritatea fizicienilor consideră că efectele cuantice determină în ultimă instanță dimensiunea constantei cosmologice. Un calcul naiv, ce folosește o versiune primitivă a teoriei cuantice, arată că respectiva constantă cosmologică este eronată cu un factor de 10^{120}. Este cea mai mare discrepanță din istoria științei.

Dar, în același timp, între fizicieni s-a stabilit consensul conform căruia această anomalie nu înseamnă decât că avem nevoie de o teorie a gravitației cuantice. Întrucât constanta cosmologică a fost generată de corecțiile cuantice, este necesar să ai o teorie a tuturor lucrurilor — o teorie care ne va permite să calculăm nu doar Modelul Standard, ci și valoarea constantei cosmologice, care va determina soarta finală a universului.

Așadar, o teorie a tuturor lucrurilor este necesară pentru a determina soarta finală a universului. Ironia este că unii fizicieni consideră că este imposibil să obții o teorie a tuturor lucrurilor.

O TEORIE A TUTUROR LUCRURILOR?

Așa cum am menționat anterior, teoria stringurilor este principalul candidat pentru o „teorie a tuturor lucrurilor", și totuși există tabere care pun la îndoială faptul că teoria stringurilor s-ar ridica la înălțimea unei asemenea pretenții. Pe de o parte, oameni precum profesorul Max Tegmark de la MIT scriu: „În 2056, cred că veți putea să cumpărați un tricou având imprimate pe el ecuațiile care descriu legile fizice unificate ale universului nostru".[103]

103 Max Tegmark, *New Scientist Magazine*, 18 noiembrie 2006, p. 37.

Pe de altă parte, există o orchestră de critici vehemenți care afirmă că grupul de susținători ai teoriei stringurilor mai are de muncit. Indiferent câte articole palpitante sau documentare TV interesante sunt produse relativ la teoria stringurilor, aceasta nu a reușit încă să arate nici măcar un singur fapt testabil, spun unii. Este mai degrabă o teorie despre nimic, nicidecum o teorie a tuturor lucrurilor, susțin criticii. Controversa s-a încins considerabil în 2002, când Stephen Hawking a schimbat taberele, citând teorema incompletitudinii, și a declarat că o teorie a tuturor lucrurilor ar putea fi chiar matematic imposibilă.

Nu e surprinzător că această controversă i-a învrăjbit pe fizicieni, deoarece țelul este atât de grandios, dacă nu chiar foarte greu de atins. Încercarea de a unifica toate legile naturii i-a ispitit și i-a atras de milenii, pe filosofi și pe fizicieni deopotrivă. Socrate însuși a spus cândva: „Mi se părea ceva extraordinar — să știu explicațiile tuturor lucrurilor, de ce iau naștere, de ce pier, de ce există".

Prima propunere serioasă pentru o teorie a tuturor lucrurilor datează aproximativ din anul 500 î.Hr., când se consideră că pitagoreenii greci au descoperit legile matematice ale muzicii. Analizând nodurile și vibrațiile unei coarde de liră, ei au demonstrat că muzica se supune în mod remarcabil unor reguli matematice simple. Apoi au speculat că întreaga natură poate fi explicată prin armoniile unei coarde de liră. (Într-un anume sens, teoria stringurilor readuce în atenție visul pitagoreenilor.)

În epoca modernă, aproape toți giganții fizicii secolului al XX-lea și-au încercat norocul cu o teorie a câmpului unificată. Dar, după cum avertizează Freeman Dyson: „Terenul fizicii este înțesat cu cadavrele teoriilor unificate".

În 1928, *New York Times* afișa pe prima pagină titlul senzațional: „Einstein în pragul unei mari descoperiri; nu suportă intruziunea". Articolul de presă a declanșat o frenezie mediatică în jurul unei teorii a tuturor lucrurilor care a atins culmi de agitație. Titlurile de-o șchioapă anunțau: „Einstein e surprins de agitația stârnită de teorie. De o săptămână ține 100 de jurnaliști în așteptare". Zeci de ziariști roiau în jurul locuinței sale din Berlin, într-o stare de veghe permanentă, așteptând să surprindă o scânteiere a geniului și să „prindă" un titlu de prima pagină. Einstein a fost obligat să se ascundă.

Astronomul Arthur Eddington îi scria lui Einstein: „Vei fi amuzat să afli că unul dintre marile magazine universale din Londra (Selfridges) ți-a afișat în vitrină articolul (cele șase pagini lipite una lângă cealaltă) în așa fel încât trecătorii să-l poată citi în întregime. Mari mulțimi de oameni s-au adunat în jurul lui ca să-l citească". (În 1923, Eddington și-a anunțat propria teorie unificată a câmpului, la care a lucrat neostenit până la sfârșitul vieții sale, în 1944.)

În 1946, Erwin Schrödinger, unul dintre întemeietorii mecanicii cuantice, a ținut o conferință de presă în care a propus o nouă teorie unificată a câmpului. La conferință a luat parte chiar și primul ministru al Irlandei, Eamon De Valera. Întrebat de un reporter ce-ar face dacă s-ar dovedi că teoria sa era greșită, Schrödinger a răspuns: „Cred că am dreptate și aș arăta ca un idiot dacă m-aș înșela". (Schrödinger a fost umilit când Einstein i-a arătat politicos erorile din cadrul teoriei sale.)

Cel mai neînduplecat critic al unificării a fost fizicianul Wolfgang Pauli. El l-a dojenit pe Einstein spunând: „Ceea ce Dumnezeu a separat, să nu lăsăm niciun om să adune laolaltă". Fără milă, a respins orice teorie incompletă

cu remarca zeflemitoare: „Nici măcar nu e greșită". Așa încât e de-a dreptul ironic faptul că Pauli cel cinic a prins el însuși microbul. În anii cincizeci ai secolului trecut el a propus, împreună cu Werner Heisenberg, propria teorie unificată a câmpului.

În 1958, Pauli a prezentat teoria unificată Heisenberg-Pauli la Universitatea Columbia. Niels Bohr se afla în rândurile publicului și nu a fost impresionat. Bohr s-a ridicat și a spus: „Noi cei din spate suntem convinși că teoria dumitale e nebunească. Ceea ce ne dezbină este dacă această teorie este îndeajuns de nebunească". Criticile au fost zdrobitoare. Dat fiind că toate teoriile evidente fuseseră analizate și respinse, adevărata teorie unificată a câmpului trebuie să fie o ruptură hotărâtă față de trecut. Teoria Heisenberg-Pauli era pur și simplu prea convențională, prea obișnuită, prea puțin nebunească pentru a fi adevărata teorie. (În acel an, Pauli a fost tulburat când Heisenberg a comentat la o emisiune radio că în teoria lor au mai rămas de stabilit doar câteva detalii tehnice. Pauli le-a trimis prietenilor săi o scrisoare cu un dreptunghi negru, având legenda: „Prin asta vreau să demonstrez lumii întregi că pot să pictez ca Titian. Lipsesc doar câteva detalii tehnice".)

CRITICA TEORIEI STRINGURILOR

Astăzi, candidatul principal (și singurul) pentru o teorie a tuturor lucrurilor este teoria stringurilor.[104] Dar, din nou, a luat naștere o reacție adversă. Opozanții susțin că pentru a obține un post bine plătit la o universitate de vârf trebuie să lucrezi la teoria stringurilor. În caz contrar, rămâi șomer. Este un capriciu al momentului și asta nu e bine pentru fizică.

Când aud astfel de critici, zâmbesc pentru că fizica, asemenea tuturor activităților umane, este supusă capriciilor și modelor. Soarta marilor teorii, mai ales a celor aflate la limitele cunoașterii umane, poate cunoaște suișuri și coborâșuri asemenea tivurilor de rochii. De fapt, cu câțiva ani în urmă, lucrurile stăteau invers; teoria stringurilor era, istoric vorbind, o teorie surghiunită, renegată, victima efectului de turmă.

Teoria stringurilor s-a născut în 1968, când doi tineri postdoctoranzi, Gabriel Veneziano și Mahiko Suzuki, au descoperit o formulă ce părea să descrie ciocnirile dintre particulele subatomice. Curând s-a descoperit că această minunată formulă poate fi derivată din ciocnirea stringurilor vibratoare. Dar pe la 1974, teoria ajunsese într-un punct mort. O nouă teorie, cromodinamica cuantică (QCD), sau teoria cuarcurilor și a interacțiunilor tari, devenise forța copleșitoare

---

104 Motivul pentru aceasta este că dacă luăm teoria gravitației a lui Einstein și adăugăm corecțiile cuantice, aceste corecții în loc să fie mici, sunt infinite. De-a lungul anilor, fizicienii au pus la punct mai multe trucuri pentru a elimina acești termeni infiniți, dar toți au dat greș în conceperea unei teorii cuantice a gravitației. Pe de altă parte, în teoria stringurilor, aceste corecții dispar în totalitate din mai multe motive. Mai întâi, teoria stringurilor are o simetrie, denumită supersimetrie, care anulează mulți dintre acești termeni divergenți. De asemenea, teoria stringurilor are o scurtătură, lungimea stringului, care ajută la ținerea sub control a acestor infinități.

Originea acestor infinități o găsim, de fapt, în teoria clasică. Legea pătratului invers a lui Newton spune că forța dintre două particule este infinită dacă distanța dintre acestea tinde la zero. Această valoare infinită, care este vizibilă chiar și în teoria lui Newton, este transmisă mai departe în teoria cuantică. Dar teoria stringurilor are o scurtătură numită lungimea stringului, sau lungimea Planck, care permite controlarea acestor divergențe.

care zdrobea toate celelalte teorii. Oamenii au părăsit în turmă teoria stringurilor pentru a lucra la QCD. Toate fondurile, toate slujbele bine plătite și toată recunoașterea au mers la fizicienii care lucrau la modelul cuarcurilor.

Îmi amintesc prea bine acei ani întunecați. Doar temerarii și încăpățânații rămăseseră să lucreze la teoria stringurilor. Iar când a devenit cunoscut faptul că aceste stringuri pot să vibreze doar în zece dimensiuni, teoria a devenit subiect de bancuri și de glume. Pionierul stringurilor, John Schwarz, de la Cal Tech, se mai întâlnea uneori în lift cu Richard Feynman. Pus pe glume întotdeauna, Feynman îl întreba: „Ei, John, ia zi, în câte dimensiuni te afli astăzi?“ Făceam haz de necaz spunând că singurul loc unde puteai găsi un teoretician al stringurilor era la coada de la oficiul de șomaj. (Laureatul Premiului Nobel, Murray Gell-Mann, fondatorul modelului cuarcurilor, mi-a mărturisit că i s-a făcut milă de teoreticienii stringurilor și a creat la Cal Tech „o rezervație naturală pentru specia primejduită a teoreticienilor stringurilor“, astfel încât oameni precum John să nu-și piardă posturile.)

Constatând că astăzi atât de mulți fizicieni tineri dau năvală să lucreze la teoria stringurilor, Steven Weinberg a scris: „Teoria stringurilor constituie în prezent singura noastră sursă de candidați pentru o teorie finală — cum s-ar putea aștepta cineva ca mulți dintre cei mai străluciți teoreticieni tineri să *nu* lucreze la această teorie?“

ESTE TEORIA STRINGURILOR NETESTABILĂ?

O critică majoră adusă astăzi teoriei stringurilor este faptul că e netestabilă. Criticii susțin că, pentru a testa

această teorie, ar fi nevoie de un dezintegrator de particule de mărimea unei galaxii.

Dar aceste critici nu țin cont de faptul că, în mare măsură, știința se face indirect, nu direct. Nimeni n-a vizitat vreodată soarele pentru a face un test direct, dar știm că este alcătuit din hidrogen, deoarece putem să-i analizăm liniile spectrale.

Sau să luăm găurile negre. Teoria găurilor negre datează din 1783, când John Michell a publicat un articol în *Philosophical Transactions of the Royal Society*. El susținea că o stea poate fi atât de masivă, încât „toată lumina emisă de un astfel de corp cosmic ar fi determinată să se întoarcă la ea sub acțiunea propriei forțe gravitaționale. Teoria „stelei întunecate" a lui Michell a stat în adormire vreme de secole pentru că un test direct era imposibil. În 1939, Einstein a scris chiar un articol în care demonstra că o asemenea stea întunecată nu se poate forma prin mijloace naturale. Criticile aduse spuneau că aceste stele întunecate erau inerent netestabile deoarece erau, prin definiție, invizibile. Totuși astăzi, Telescopul Spațial Hubble ne-a oferit dovezi splendide ale unor găuri negre. Astăzi credem că milioane de astfel de găuri negre stau ascunse în cotloanele galaxiei; zeci de găuri negre rătăcitoare ar putea exista în propria noastră galaxie. Dar adevărul este că toate dovezile privind găurile negre sunt indirecte. Cu alte cuvinte, am adunat informații despre găurile negre analizând discurile de acumulare care se rotesc în jurul lor.

Mai mult, multe dintre teoriile „netestabile" devin în cele din urmă testabile. A durat două mii de ani să se dovedească existența atomilor, după ce aceștia au fost pentru prima oară propuși de către Democrit. Fizicienii din secolul al XIX-lea precum Ludwig Boltzmann au fost persecutați până la moarte pentru că au crezut în acea teorie, și totuși astăzi

avem splendide fotografii ale atomilor. Pauli însuși a introdus conceptul de neutrino în 1930, o particulă atât de lunecoasă, încât ar putea să străbată blocuri din plumb solid de mărimea unui sistem stelar, fără a fi absorbiți. Pauli spunea: „Am comis păcatul suprem. Am introdus o particulă care nu va putea fi observată niciodată". Era „imposibil" să detectezi un neutrino, așa încât vreme de decenii a fost considerat ceva mai mult decât science-fiction. Și iată că astăzi putem produce fascicule de neutrino.

Există, de fapt, un număr de experimente care vor furniza, după cum speră fizicienii, primele testări indirecte ale teoriei stringurilor:

- Marele Accelerator Hadron (LHC) ar putea fi îndeajuns de puternic, încât să producă „sparticule" sau superparticule, care ar fi vibrațiile superioare prognozate de teoria superstringurilor (precum și de alte teorii supersimetrice).
- Așa cum am menționat anterior, în 2015, Antena Spațială a Interferometrului cu Laser (LISA) va fi lansată în spațiu. LISA și succesorul său, Observatorul Big Bang, ar putea fi îndeajuns de sensibile pentru a testa mai multe teorii „ante-Big Bang", inclusiv versiuni ale teoriei stringurilor.
- Un număr de laboratoare investighează prezența unor dimensiuni superioare, căutând abateri de la celebra lege newtoniană a pătratului invers la scară milimetrică. (Dacă există o a patra dimensiune spațială, atunci gravitația ar trebui să scadă odată cu inversul cubului, nu cu inversul pătratului.) Ultima versiune a teoriei stringurilor

(teoria M) prezice existența a unsprezece dimensiuni.

• Multe laboratoare încearcă să detecteze materia neagră, dat fiind că Pământul se mișcă într-un vânt cosmic de materie neagră. Teoria stringurilor face predicții specifice, testabile, cu privire la proprietățile fizice ale materiei negre, deoarece materia neagră este probabil o vibrație superioară a stringului (de exemplu, fotino).

• Se speră că o serie de experimente suplimentare (de exemplu, asupra polarizării neutrinilor la polul sud) va detecta prezența unor minigăuri negre și a altor obiecte stranii prin analizarea anomaliilor în radiațiile cosmice, ale căror energii le pot depăși cu ușurință pe cele ale LHC. Experiențele cu radiații cosmice și LHC vor deschide o frontieră nouă, pasionantă, dincolo de limitele Modelului Standard.

• Există unii fizicieni care susțin posibilitatea ca Big Bangul să fi fost atât de exploziv, încât probabil că un superstring minuscul a fost „umflat" la niște proporții astronomice. După cum scria fizicianul Alexander Vilenkin, de la Universitatea Tufts: „O posibilitate foarte incitantă este ca superstringurile... să aibă dimensiuni astronomice... Atunci vom fi capabili să le observăm pe cer și să testăm direct teoria superstringurilor".[105] (Probabilitatea de a găsi un superstring uriaș, reminiscent, care să fi fost „umflat" în timpul Big Bangului este foarte mică.)

---

105 Alexander Vilenkin, *New Scientist Magazine*, 18 noiembrie 2006, p. 51.

ESTE FIZICA INCOMPLETĂ?

În 1980, Stephen Hawking a ajutat la declanșarea interesului față de o teorie a tuturor lucrurilor cu conferința sa intitulată „Se întrevede oare sfârșitul fizicii teoretice?", în care spunea: „S-ar putea să vedem o teorie completă în cursul vieții unora dintre cei de față aici". El a afirmat că există șanse de 50% ca teoria finală să fie găsită în următorii douăzeci de ani. Dar când anul 2000 a sosit fără să se ajungă la un consens în privința teoriei tuturor lucrurilor, el s-a răzgândit și a spus că există șanse de 50% ca teoria să fie descoperită în următorii douăzeci de ani.

Apoi, în 2002, Hawking s-a răzgândit din nou, declarând că teorema incompletitudinii a lui Gödel ar putea sugera un cusur fatal al liniei sale inițiale de gândire. Astfel, el scria: „Unii oameni vor fi foarte dezamăgiți dacă nu ar exista o teorie ultimă care să poată fi formulată ca număr finit de principii. Făceam parte din această tabără, dar mi-am schimbat opiniile... Teorema lui Gödel a asigurat condițiile ca matematicienii să aibă mereu de lucru. Cred că teoria M va face același lucru pentru fizicieni".

Argumentul lui este unul vechi: dat fiind că matematica este incompletă și limbajul fizicii este matematica, vor exista afirmații fizice adevărate care să depășească limitele noastre de accesibilitate, și de aici concluzia că o teorie a tuturor lucrurilor nu este posibilă. Întrucât teorema incompletitudinii a ucis visul grecilor de a demonstra toate afirmațiile adevărate ale matematicii, din același motiv o teorie a tuturor lucrurilor va depăși mereu limitele posibilităților umane.

Freeman Dyson a exprimat elocvent această idee atunci când a scris: „Gödel a demonstrat că lumea matematicii

pure este inepuizabilă; niciun set finit de axiome și reguli de inferență nu va putea cuprinde vreodată matematica în întregul ei... Sper că o situație analogă există și în lumea fizicii. Dacă viziunea mea privind viitorul este corectă, înseamnă că lumea fizicii și a astronomiei este, de asemenea, inepuizabilă; indiferent cât de departe vom ajunge în viitor, întotdeauna se vor întâmpla lucruri noi, ne vor parveni informații noi, vor fi noi lumi de explorat, va exista un domeniu în permanentă expansiune al vieții, al conștiinței și al memoriei".

Astrofizicianul John Barrow rezumă astfel această logică: „Știința se bazează pe matematică; matematica nu poate descoperi toate adevărurile; prin urmare, nici știința nu poate descoperi toate adevărurile".[106]

O astfel de argumentație poate să fie sau să nu fie adevărată, dar are niște carențe potențiale. Cea mai mare parte a matematicienilor profesioniști ignoră în activitatea lor teorema incompletitudinii. Aceasta deoarece teorema în cauză începe prin a analiza afirmațiile care se referă la ele însele; cu alte cuvinte, sunt autoreferențiale. De exemplu, afirmații precum următoarea sunt paradoxale:

Această propoziție este falsă.
Eu sunt un mincinos.
Această afirmație nu poate fi dovedită.

În primul caz, dacă propoziția este adevărată, înseamnă că este falsă. Dacă propoziția este falsă, atunci afirmația este adevărată. Similar, dacă eu spun adevărul, atunci spun o minciună; iar dacă spun o minciună, atunci spun adevărul. În ultimul caz, dacă propoziția este adevărată, atunci nu poate fi dovedită ca fiind adevărată.

(A doua afirmație este celebrul paradox al mincinosului. Filosoful cretan Epimenide obișnuia să

106 Barrow, *Impossibility*, p. 219.

ilustreze acest paradox spunând: „Toți cretanii sunt mincinoși". Totuși Sfântul Pavel nu s-a prins deloc de idee când a scris, în epistola sa către Tit: „Chiar un proroc al lor a rostit: «Cretanii sunt pururea mincinoși, fiare rele, pântece leneșe.» Mărturia aceasta este adevărată".)

Teoria incompletitudinii se construiește pe afirmații precum „Această propoziție nu poate fi dovedită utilizând axiomele aritmeticii" și creează o rețea sofisticată de asemenea paradoxuri autoreferențiale.

Hawking, pe de altă parte, folosește teorema incompletitudinii ca să demonstreze că o teorie a tuturor lucrurilor nu poate să existe. El susține că elementul-cheie al teoremei incompletitudinii a lui Gödel este faptul că matematica este autoreferențială, iar fizica suferă și ea de această boală. Dat fiind că observatorul nu poate fi separat de procesul de observație, înseamnă că fizica se va referi întotdeauna la sine, deoarece nu putem părăsi universul. În analiza finală, observatorul este alcătuit și el din atomi și molecule și, prin urmare, trebuie să fie parte integrantă din experimentul pe care-l efectuează.

Dar există o cale de a evita criticile lui Hawking. Pentru a evita paradoxurile inerente în teorema lui Godel, matematicienii profesioniști de astăzi pur și simplu afirmă că munca lor exclude toate afirmațiile autoreferențiale. Ei pot astfel să evite teorema incompletitudiniii. Într-o mare măsură, dezvoltarea explozivă a matematicii față de epoca lui Gödel s-a realizat prin ignorarea teoremei incompletitudinii, cu alte cuvinte, postulându-se că lucrările de dată recentă nu fac afirmații autoreferențiale.

În același fel ar putea fi posibil să construim o teorie a tuturor lucrurilor care poate explica orice experiment cunoscut independent de dihotomia

observator/observat. Dacă o astfel de teorie a tuturor lucrurilor poate explica totul de la originea Big Bangului până la universul vizibil pe care-l vedem în jurul nostru, atunci felul cum descriem interacțiunea dintre observator și observat capătă o importanță pur academică. De fapt, un criteriu pentru o teorie a tuturor lucrurilor ar trebui să fie condiția ca aceste concluzii ale sale să fie total indepdendente de felul cum facem distincția dintre observator și observat.

Mai mult, natura poate fi inepuizabilă și nelimitată, chiar dacă se bazează pe un număr restrâns de principii. Să considerăm jocul de șah. Cereți-i unui extraterestru de pe o altă planetă să deducă regulile șahului doar urmărind de pe margine jocul. După o vreme, extraterestrul ar putea să înțeleagă cum se mută pionii, nebunii și regii. Regulile jocului sunt finite și simple. Dar numărul jocurilor posibile este cu adevărat astronomic. În același fel, regulile naturii pot fi și ele finite și simple, dar aplicațiile acelor reguli s-ar putea să fie inepuizabile. Țelul nostru este să găsim regulile fizicii.

Într-un anume sens, avem deja o teorie completă a multor fenomene. Nimeni nu a descoperit vreodată vreo fisură în ecuațiile lui Maxwell pentru lumină. Modelul Standard este adeseori denumit o „teorie a aproape tuturor lucrurilor". Să presupunem pentru o clipă că putem să anulăm gravitația. Atunci, Modelul Standard devine o teorie perfect rațională a tuturor fenomenelor în afară de gravitație. Teoria poate fi urâtă, dar funcționează. Chiar și în prezența teoremei incompletitudinii, avem o teorie perfect rezonabilă a tuturor lucrurilor (în afară de gravitație).

Mie mi se pare cu adevărat remarcabil că pe o singură foaie de hârtie se pot scrie legile care guvernează toate

fenomenele fizice cunoscute, acoperind patruzeci și trei de ordine de magnitudine, de la cele mai îndepărtate colțuri ale cosmosului, aflate la peste 10 miliarde de ani-lumină, până la microlumea cuarcurilor și a neutrinilor. Pe acea foaie de hârtie s-ar afla doar două ecuații, teoria gravitației a lui Einstein și Modelul Standard. Mie, acest lucru îmi dezvăluie simplitatea și armonia supreme ale naturii la nivel fundamental. Universul ar fi putut să fie pervers, aleatoriu sau capricios. Și totuși el ne apare ca fiind întreg, coerent și frumos.

Laureatul Premiului Nobel, Steve Weinberg, compară căutarea de către noi a teoriei tuturor lucrurilor cu căutarea Polului Nord. Vreme de secole, marinarii din antichitate se foloseau de hărți din care Polul Nord lipsea. Toate acele de busolă și diagramele arătau spre această porțiune lipsă din hartă, pe care până acum nimeni nu a vizitat-o efectiv. În același fel, toate datele și teoriile noastre indică spre o teorie a tuturor lucrurilor. Ea este piesa lipsă a ecuațiilor noastre.

Vor exista mereu lucruri dincolo de puterea noastră de a înțelege, care sunt imposibil de explorat (cum ar fi poziția exactă a unui electron sau lumea existentă dincolo de limita vitezei luminii). Dar legile fundamentale, după părerea mea, sunt cognoscibile și finite. Iar anii care urmează în fizică s-ar putea să fie cei mai palpitanți dintre toți, pe măsură ce explorăm universul cu o nouă generație de acceleratoare de particule, detectoare de unde gravitaționale situate în spațiul cosmic și alte tehnologii. Nu ne aflăm la finalul, ci abia la începutul unei noi fizici. Dar, indiferent de ce vom găsi, vor exista întotdeauna noi orizonturi care să ne aștepte necontenit.

477

BIBLIOGRAFIE

Adams, Fred, Greg Laughlin. ***The Five Ages of the Universe: Inside the Physics of Eternity.*** New York: Free Press, 1999.

Asimov, Isaac. ***The Gods Themselves.*** New York: Bantam Books, 1990.

Asimov, Isaac, Jason A. Shulman, eds. ***Isaac Asimov's Book of Science and Nature Quotations.*** New York: Weidenfeld and Nicholson, 1988.

Barrow, John. ***Between Inner Space and Outer Space.*** Oxford, England: Oxford University Press, 1999.

——. ***Impossibility: The Limits of Science and the Science of Limits.*** Oxford,

England: Oxford University Press, 1998.

——. ***Theories of Everything.*** Oxford, England: Oxford University Press, 1991.

Calaprice, Alice, ed. ***The Expanded Quotable Einstein.*** Princeton, NJ: Princeton University Press, 2000.

Cavelos, Jeanne. ***The Science of Star Wars: An Astrophysicist's Independent Examination of Space Travel, Aliens, Planets, and Robots as Portrayed in the Star Wars Films and Books.*** New York: St. Martin's Press, 2000.

Clark, Ronald. ***Einstein: The Life and Times.*** New York: World Publishing, 1971.

Cole, R. C. ***Sympathetic Vibrations: Reflections on Physics as a Way of Life.*** New York: Bantam Books, 1985.

Crease, R., C. C. Mann. ***Second Creation.*** New York: Macmillan, 1986.

Croswell, Ren. ***The Universe at Midnight.*** New York: Free Press, 2001.

Davies, Paul. ***How to Build a Time Machine.*** New York: Penguin Books, 2001.

BeatriceGloria_personal library

Dyson, Freeman. ***Disturbing the Universe.*** New York: Harper and Row, 1979.

Ferris, Timothy. ***The Whole Shebang: A State-of-the-Universe(s) Report.*** New York: Simon and Schuster, 1997.

Folsing, Albrecht. ***Albert Einstein.*** New York: Penguin Books, 1997.

Gilster, Paul. ***Centauri Dreams: Imagining and Planning Interstellar Exploration.*** New York: Springer Science, 2004.

Gott, J. Richard. ***Time Travel in Einstein's Universe.*** Boston: Houghton Mifflin Co., 2001.

Greene, Brian. ***The Elegant Universe: Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory.*** New York: W. W. Norton, 1999.

Hawking, Stephen W., Rip S. Thorne, Igor Novikov, Timothy Ferris, Alan Lightman. ***The Future of Spacetime.*** New York: W. W. Norton, 2002.

Horgan, John. ***The End of Science.*** Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1996.

Kaku, Michio. ***Einstein's Cosmos.*** New York: Atlas Books, 2004.

——. ***Hyperspace.*** New York: Anchor Books, 1994.

——. ***Parallel Worlds: A Journey Through Creation, Higher Dimensions, and the Future of the Cosmos.*** New York: Doubleday, 2005.

——. *Visions*: ***How Science Will Revolutionize the 21st Century.*** New York: Anchor Books, 1997.

Lemonick, Michael. ***The Echo of the Big Bang.*** Princeton, NJ: Princeton University Press, 2005.

Mallove, Eugene, Gregory Matloff. ***The Starflight Handbook: A Pioneer's Guide to Interstellar Travel.*** New York: Wiley and Sons, 1989.

Nahin, Paul J. ***Time Machines.*** New York: Springer Verlag, 1999.

Pais, A. ***Subtle Is the Lord.*** New York: Oxford University Press, 1982.

Pickover, Clifford A. ***Time: A Traveler's Guide.*** New York: Oxford University Press, 1998.

Randi, James. ***An Encyclopedia of Claims, Frauds, and Hoaxes of the Occult and Supernatural.*** New York: St. Martin's Press, 1995.

Rees, Martin. ***Before the Beginning: Our Universe and Others.*** Reading, Mass.: Perseus Books, 1997.

Sagan, Carl. ***The Cosmic Connection: An Extraterrestrial Perspective.*** New York: Anchor Press, 1973.

Thorne, Rip S. ***Black Holes and Time Warps: Einstein's Outrageous Legacy.*** New York: W. W. Norton, 1994.

Ward, Peter D., Donald Brownlee. ***Rare Earth: Why Complex Life Is Uncommon in the Universe.*** New York: Springer Science, 2000.

Weinberg, Steve. ***Dreams of a Final Theory: The Search for Fundamental Laws of Nature.*** New York: Pantheon Books, 1992.

Wells, H. G. ***The Time Machine: An Invention.*** London: McFarland and Co., 1996.